

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION  
DEL MEDIO AMBIENTE –  
" DAGMA "**

**OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFERICAS COMUNA 8  
CONTRATO SCA-CON-166-98**

**DICIEMBRE DE 1999**

**REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.**

**INFORME FINAL**

**FEBRERO DEL 2000**

**CONTENIDO**

<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.0 RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES .....</b>	<b>6</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	6
2.2 EVALUACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS .....	9
2.3 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE .....	7
2.4 CONCLUSIONES GENERALES .....	10
2.4.1. FUENTES FIJAS DE EMISION .....	10
2.4.2 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE .....	11
<b>3.0 RECOMENDACIONES GENERALES .....</b>	<b>14</b>
<b>4.0 EVALUACION DE FUENTES FIJAS DE EMISION .....</b>	<b>15</b>
4.1 METODO DE MUESTREO .....	15
4.2 EQUIPO UTILIZADO .....	16
4.3. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LOS CALCULOS .....	16
4.4 RESULTADOS .....	21
<b>5.0 ESTUDIO DE CALIDAD AMBIENTAL .....</b>	<b>26</b>
5.1 MODELO DE DISPERSION DE CONTAMINANTES ISCLT .....	26
5.1.1 APLICACIÓN DEL MODELO ISCLT .....	27
5.1.2 OPCIONES Y CONTROLES DEL PROGRAMA .....	27
5.1.3 DATOS METEOROLÓGICOS .....	28

5.1.4 VELOCIDAD DE VIENTO .....	28
5.1.5 CATEGORÍAS DE DIRECCIÓN DE VIENTOS.....	30
5.1.6 ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA .....	31
5.1.7 OCURRENCIA DE VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DE VIENTOS PARA CADA ESTABILIDAD.....	32
5.1.8 VECTOR DE TEMPERATURA .....	32
5.1.9 ALTURA DE MEZCLA.....	33
5.1.10 VALOR MEDIO DE VELOCIDAD EN CADA CATEGORÍA.....	33
<b>5.2 INFORMACIÓN DE LAS FUENTES.....</b>	<b>33</b>
<b>5.3 DISPERSIÓN DE PARTÍCULAS MODELANDO EL ISCLT.....</b>	<b>34</b>
<b>5.4 RESULTADOS DEL MODELO DE DISPERSIÓN ISCLT. ....</b>	<b>34</b>
<b>5.5 SELECCIÓN DEL SITIO PARA INSTALAR LA ESTACIÓN DE MUESTREO. ....</b>	<b>35</b>
<b>5.6 EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE.....</b>	<b>38</b>
5.6.1 PARÁMETROS Y TÉCNICAS DE MUESTREO.....	38
5.6.2 EQUIPO UTILIZADO .....	39
5.6.3 RESULTADOS.....	41
<b>5.7 NORMA DE CALIDAD DEL AIRE .....</b>	<b>43</b>
5.7.1 INDICADOR DE CALIDAD AMBIENTAL I.C.A. ....	45
5.7.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	45
5.7.3 CALIFICACIÓN AMBIENTAL .....	46

## LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA NO 1 : VISTA PANORAMICA COMUNA NO 8.....	6
GRAFICA NO 2 : IMPACTO DE MATERIAL PARTICULADO UG/M <sup>3</sup> ALREDEDOR DEL EJE DE REFERENCIA KRA 10 CON CALLE 33 COMUNA 8 .....	7
GRAFICA NO 3 : CONCENTRACIÓN DIARIA DE PST VIVIENDA COMUNA 8 VERSUS NORMA DIARIA (UG/M <sup>3</sup> ) .....	9
GRAFICA NO 4: CALIDAD DEL AIRE SECTOR COMUNA 8 Y SUS ALREDEDORES .....	13
GRAFICA NO 5 METODOLOGIA GLOBAL PARA LA EVALUACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS 19	
GRAFICA NO 6 ROSA DE VIENTOS BASE AEREA MARCO FIDEL SUAREZ.....	29
GRAFICO NO 7 IMPACTO DE MATERIAL PARTICULADO UG/M <sup>3</sup> ALREDEDOR DEL EJE DE REFERENCIA KRA 10 CON CALLE 33 COMUNA 8 .....	35
GRAFICO NO 8 EQUIPO DE MUESTREO PARAPARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (HI-VOL) .....	40
GRAFICA NO 9. CONCENTRACIÓN DIARIA DE PST VIVIENDA COMUNA 8 VERSUS NORMA DIARIA (UG/M <sup>3</sup> ) .....	46

## LISTA DE TABLAS

TABLA NO 1 : LISTADO DAGMA DE EMPRESAS (SEGÚN PROCESO) COMUNA OCHO.....	7
TABLA NO 2 : EMPRESAS A EVALUAR Y METODO APLICABLE.....	8
TABLA NO 3 : EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES POR CHIMENEAS .....	7
TABLA NO 4 : COMPARATIVO DE EMISION VERSUS NORMA NACIONAL(MP) Y NORMA EPA (SOX , NOX).....	8
TABLA NO 5 RESULTADOS MODELACION DE PST COMUNA 8 .....	7
TABLA NO 6. RESULTADOS MODELACION DE PST TALLERES DEL MUNICIPIO IMPACTO POR FLUJO VEHICULAR CARRERA 8 CON CARRERA 70 COMUNA 8 CONCENTRACIÓN EN UG/M3 .....	8
TABLA NO 7 CUMPLIMIENTO DE LA NORNATIVIDAD DE EMISIONES ATMOSFERICAS .....	10
TABLA NO 8. VARIABILIDAD DE CALIDAD DEL AIRE COMUNA 8 .....	11
TABLA NO 9 . PANORAMA MEDIOAMBIENTAL PST COMUNA 8 .....	12
TABLA NO 10 RESULTADOS MEDICIONES EN CHIMENEA COMUNA NO 8.....	24
TABLA NO 11 : COMPARATIVO DE EMISION VERSUS NORMA NACIONAL Y NORMA EPA .....	25
TABLA NO 12 DESCRIPCION DE LAS CATEGORIAS DE DIRECCION DE VIENTOS.....	30
TABLA NO 13 CLASIFICACION DE LA ESTABILIDAD DE LA ATMOSFERA SEGUN PASQUILL- GUIFFORD .....	32
TABLA NO14 DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELO DE DISPERSIÓN ISCLT .....	33
TABLA NO 15 RESULTADOS MODELACION DE PST COMUNA 8.....	35
TABLA NO16 PARAMETROS Y TECNICAS DE MEDICION .....	38
TABLA NO 17 RESULTADOS PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES PST VIVIENDA CRA 11G NO 32-44 .....	42
TABLA NO 18 NORMAS NACIONALES DE CALIDAD DEL AIRE (760 MM DE HG Y 25°C) .....	43
TABLA NO 19 NORMAS LOCALES DE CALIDAD DEL AIRE (683.5 MM HG Y 27 °C) .....	44
TABLA NO 20 INDICADOR DE CALIDAD AMBIENTAL (ICA) .....	45

**LISTADO DE ANEXOS.**

**ANEXO No. 1**

**INFORMES INDIVIDUALES EVALUACIONES  
ATMOSFERICAS INDUSTRIAS COMUNA No. 8.**

**ANEXO No. 2**

**MODELACION ISCLT.**

## 1. OBJETIVOS

- **Objetivo general.**

El presente contrato SCA - CON-166-98 tiene como objetivo general evaluar las principales fuentes fijas (Chimeneas) de la Comuna No 8, utilizar un modelo de dispersión de contaminantes (partículas) para evaluar el impacto por las fuentes monitoreadas, cuantificar los niveles de concentración de partículas (inmisión) generado por las diferentes actividades del sector.

- **Objetivos específicos :**

- Evaluar por muestreos directos (pruebas isocinética) e indirectos (factores de emisión) veinte fuentes fijas de emisión de contaminantes por chimenea de acuerdo con los lineamientos ambientales establecidos en el Decreto 02 de 1982.
- Comparar las emisiones por chimenea con la norma.
- Con los resultados de emisiones modelar el aporte de material particulado por fuentes fijas mediante el modelo de dispersión de contaminantes ISCLT.
- Con la base de datos arrojados por el modelo de dispersión ISCLT, seleccionar e instalar un equipo muestreador para partículas suspendidas totales PST (Hi-Vol).
- Cuantificar por un período de 10 días la concentración de partículas suspendidas totales (PST) por medio de una estación de alto volumen (Hi-Vol).
- Comparar las concentraciones de PST con la norma de calidad del aire.

## 2.0 RESUMEN Y CONCLUSIONES GENERALES

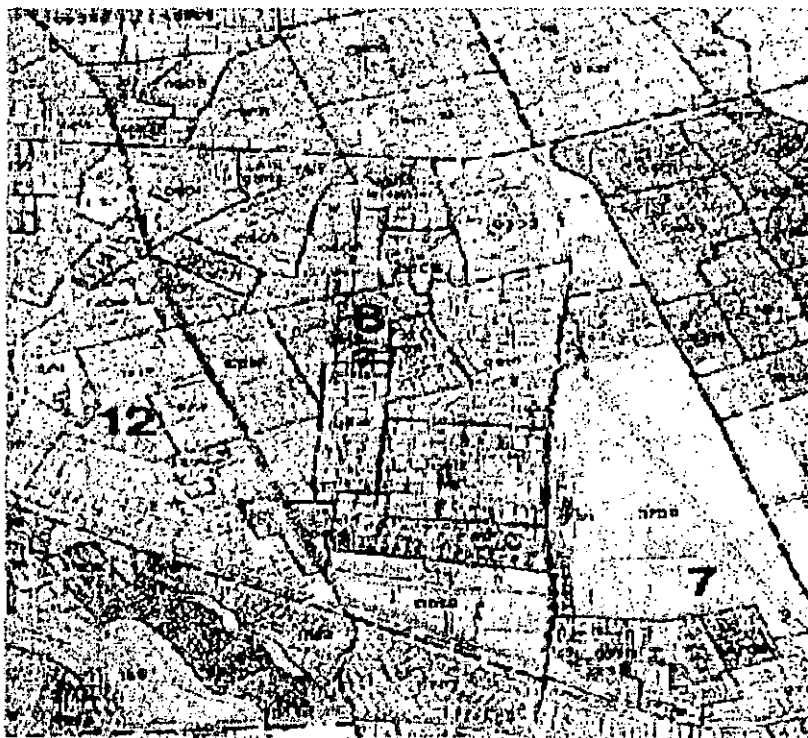
### 2.1 ANTECEDENTES

La comuna No 8 se encuentra ubicada en el sector Norte Oriente de la zona urbana de Santiago de Cali, limitando por el Norte con las Comunas 7 y 4 (Carrera 8), por el Oriente con las Comunas 7, 12 y 13 (Calle 70 Autopista Oriental) por el Sur con las Comunas 11 y 12 (Autopista Sur) y por el Occidente con la Comuna 9 (Calle 26).

Los Barrios comprendidos dentro de la Comuna 8 son los siguientes :

- |                     |                       |                       |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| • Primitivo crespo. | Simón Bolívar.        | Saavedra Galindo.     |
| • Uribe Uribe.      | Santa Mónica Popular. | La Floresta.          |
| • Benjamín Herrera. | Municipal.            | Industrial.           |
| • El troncal.       | Las Américas.         | Atanasio Girardot.    |
| • Santafe.          | Chapinero.            | Villa Colombia.       |
| • El trébol.        | La base.              | Urbanización La Base. |

GRAFICA NO 1 : VISTA PANORAMICA COMUNA NO 8





Dentro del plan de acción de la comuna ocho (8), se incluyo para ejecución en el año 1998 y 1999, el proyecto de operativos de verificación a las emisiones atmosféricas generadas por los procesos o equipos de combustión utilizados en el sector industrial y/o comercial de la Comuna No 8, el proyecto se concibe para una cobertura de evaluación de 25 fuentes fijas de emisión de contaminantes.

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente **-DAGMA-**, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha sido delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención por intermedio de la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA** según contrato SCA - CON - 166 -98.

La programación de trabajos se inicia en Abril de 1999, el objetivo general es la evaluación de 25 fuentes fijas de emisión de contaminantes en las diferentes empresas

Inicialmente, el DAGMA suministra un listado de empresas ubicadas en el sector, el cual se presenta a continuación.

**TABLA No 1 : LISTADO DAGMA DE EMPRESAS (SEGÚN PROCESO) COMUNA OCHO**

<b>Empresas</b>		
<b>Alimentos</b>		
Uribes Limitada	Carnes frías Enriko	Procesadora Avícola del Valle
Carnes Procesadas Frizz Ltda	Productora de Alimentos Aladino	Productos Calima Ltda y Cia Ltda
Confites Bombolina Ltda.	Manitoba Ltda	
<b>Bebidas</b>		
Bavaria S.A.	Gaseosas Lux	Gaseosas Postobon
Enalia Vinicola Andina		
<b>Textiles y tintorerías</b>		
Soexco S.A.		
<b>Fabricas de papel y cartón</b>		
Andina de Cartones especiales S.A.	Cartones de Occidente Ltda	
<b>Plantas Asfálticas</b>		
Caliasfalto		
<b>Metalúrgicas y Metalmecánicas</b>		
Aluminios Alfaro S.A.	Compañía Colombiana de Esmaltes	
<b>Fabricas de papel y cartón</b>		
Sanofi Wintrop de Colombia S.A.	Lloreda Grasas S.A.	BPM Laboratorios S.A.

Fuente de información : DAGMA

Las empresas anteriormente suministradas por el DAGMA, se visitan previa carta de solicitud de parte del DAGMA, con el objetivo de verificar condiciones operativas y de chimenea. La visita permite preseleccionar si se ejecuta un muestreo directo (prueba isocinética) o indirecto (factores de emisión), la selección operativa de muestreo se realiza bajo el criterio técnico de que chimeneas con diámetro menor a 30 cm se evalúan por el método de factores de emisión y chimeneas con diámetro superior a 30 cm se evalúan por prueba directa según Decretos 02 de 1982 y 948 de 1995..

Durante las visitas realizadas se determina, de las empresas relacionadas por el DAGMA las siguientes son viables de evaluarse así:

**TABLA No 2 : EMPRESAS A EVALUAR Y METODO APLICABLE**

<b>Muestreo Directo prueba isocinetica</b>	<b>Muestreo Indirecto Factores de emisión</b>
1. Gaseosas Lux	16. Productos Calima & Cía Ltda caldera 1
2. Gaseosas Postobon	17. Productos Calima & Cía Ltda caldera 2
3. Bavaria S.A. Caldera 1	18. Carnes procesadas Frizz Ltda
4. Bavaria S.A. Caldera 2	19. Uribes Ltda Caldera
5. Sanofi Winthrop de Colombia S.A.	20. Uribes Ltda Horno ahumador
6. Llorede Grasas S.A.	
7. Andina de Cartones Especiales S.A.	
8. Procesadora Avícola del Valle.	
9. Carnes Frias Enriko Ltda.	
10. Caliasfaltos EIC	
11. Cartones de Occidente	
12. Productora de Alimentos Aladino	
13. Confites Bombolina Ltda.	
14. Centro de Zoonosis	
15. Aluminios Alfaro	

La situación de evaluar operativamente diecinueve (20), chimeneas modifica el objeto del contrato que mediante convenio y acuerdo entre la Autoridad Ambiental (DAGMA) y los representantes de la Comuna No 8 se pacta un complemento del estudio, adicionando la modelación de contaminantes de las fuentes fijas (Chimeneas) monitoreadas más un estudio de la calidad del aire parte partículas suspendidas totales (PST), durante diez (10). La adición de trabajos (modelo de dispersión y estudio de calidad del aire) complementa el objeto del contrato SCA - CON - 166 -98

## 2.2 EVALUACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS

Con referencia a las pruebas realizadas en chimenea, se informa que fueron monitoreadas diecinueve (19) fuentes fijas de las veinte (20) programadas, ya que la empresa Aluminios Alfaro cerro sus instalaciones para el año 2000 y en el momento final del cierre del contrato.

Se realizan catorce (14) evaluaciones de fuentes fijas mediante pruebas isocinéticas (La Empresa Aluminios Alfaro ceso sus actividades en el momento de finalizar el presente contrato, situación que fue informada al DAGMA) y cinco (5) por factores de emisión para un total de diecinueve (19) fuentes evaluadas. A cada una de las chimeneas se le calcula la emisión de material particulado y gases de combustión (SOx y NOx) en kg/h ver cuadro. Los resultados de emisión de cada contaminante se compara con la norma establecida en el Decreto 02 de 1982, y norma EPA para los niveles de SOx y NOx.

Las siguientes tablas presentan los resultados de evaluación de fuentes fijas.

TABLA No 3 : EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES POR CHIMENEAS

Empresa	Emisión de material particulado y gases de combustión		
	MP Kg./H	SOX Kg./H	NOX Kg./H
Gaseosas Lux	1.4	1.7	0.7
Gaseosas Postobon	2.06	3.49	1.7
Bavaria S.A. Caldera 1	41.9	27.8 (7)	8.12
Bavaria S.A. Caldera 2	34.26	7.0	17.7
Sanofi Winthop de Colombia S.A.	0.02	0.0027	0.01
LLoreda Grasas S.A.	8.1	1.07	0.77
Andina de Cartones Especiales S.A.	3.9	1.94	2.05
Procesadora Avícola del Valle.	0.032	0.38	0.16
Carnes Frías Enriko Ltda	0.006	0.0009	0.0035
Caliasfaltos EIC	14.4	11.1	4.3
Cartones de Occidente	1.27	2.6	1.44
Productora de Alimentos Aladino	0.024	0.12	0.1
Confites Bombolina Ltda	0.08	0.46	0.45
Centro de Zoonosis	0.4	0.19	2.4
Productos Calima & Cía Ltda Caldera 1	0.000133	0.002935	0.0013
Productos Calima & Cía Ltda Caldera 2	0.000133	0.002935	0.0013
Carnes procesadas Frizz Ltda	0.000159	0.00349	0.001585
Uribes Ltda Caldera	0.000063	0.001397	0.000634
Uribes Ltda Horno	0.000068	0.000003	0.002248
Aluminios Alfaro	CIERRE DE INSTALACIONES		

TABLA No 4 : COMPARATIVO DE EMISION VERSUS NORMA NACIONAL(MP) Y NORMA EPA (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)

Muestreo de emisiones atmosféricas Comuna No 8												
Empresa	Resultado											
	MP Kg./H	Norma MP Kg./H	SO <sub>2</sub> Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Norma Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	NO <sub>2</sub> Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Norma Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Cumplimiento de Norma				Altura	Altura
							MP	SO2	NOx	Altura	Real	Mínim a
Gaseosas Lux	1.4	5.4	1.1	0.8	2.7	0.3	Si	No	No	Si	15.0	15
Gaseosas Postobon	2.06	21.4	3.1	0.8	6.3	0.3	Si	No	No	No	15.3	17
Bavaria S.A. Caldera 1	3.27*	1.72*	4.8	0.8	1.4	0.3	No	No	No	Si	29.8	16
Bavaria S.A. Caldera 2	4.76*	1.87*	7.0	0.8	3.05	0.3	No	No	No	Si	23.1	16
Sanofi Winthop de Colombia S.A.	0.02	1.68	0.03	0.8	0.009	0.3	Si	Si	Si	Si	19.4	15
LLoreda Grasas S.A.	8.1	11.2	1.9	0.8	1.3	0.3	Si	No	No	Si	15.5	15
Andina de Cartones Especiales S.A.	3.9	5.3	3.7	0.8	3.5	0.3	Si	No	No	Si	25	15
Procesadora Avícola del Valle.	0.032	3.4	0.29	0.8	0.69	0.3	Si	Si	No	Si	15.5	15
Carnes Frías Enriko Ltda	0.006	1.5	0.006	0.8	0.0014	0.3	Si	Si	Si	No	12.6	15
Caliasfaltos EIC	0.43**	0.56**	1.21	0.8	0.47	0.3	Si	No	No	Si	27.0	20
Cartones de Occidente	1.27	2.35	1.18	0.8	0.66	0.3	Si	No	No	No	14.1	15
Productora de Alimentos Aladino	0.024	2.2	0.23	0.8	0.2	0.3	Si	Si	Si	No	10.42	15
Confites Bombolina Ltda	0.08	1.67	0.84	0.8	0.83	0.3	Si	No	No	Si	15.0	15
Centro de Zoonosis	0.16***	4.69***	0.35	0.8	4.39	0.3	Si	Si	No	Si	16.2	15
Aluminios Alfaro	CIERRE DE INSTALACIONES											
Muestreo indirecto de emisiones atmosféricas (Factores de Emisión)												
Productos Calima & Cia Ltda	0.000133	1.39	0.095	0.8	0.043	0.3	Si	Si	Si	No	10	15
Productos Calima & Cia Ltda	0.000266	1.39	0.095	0.8	0.043	0.3	Si	Si	Si	No	8	15
Carnes procesadas Frizz Ltda	0.00015	1.38	0.098	0.8	0.044	0.3	Si	Si	Si	Si	18	15
Uribes Ltda	0.000063	1.6	0.119	0.8	0.054	0.3	Si	Si	Si	No	10	15
Uribes Ltda	0.000068	1.6	0	0.8	0	0.3	Si	Si	Si	No	10	15

\*Kg/10<sup>6</sup> kilocalorias. \*\*Kg/Ton. \*\*\*g/m3

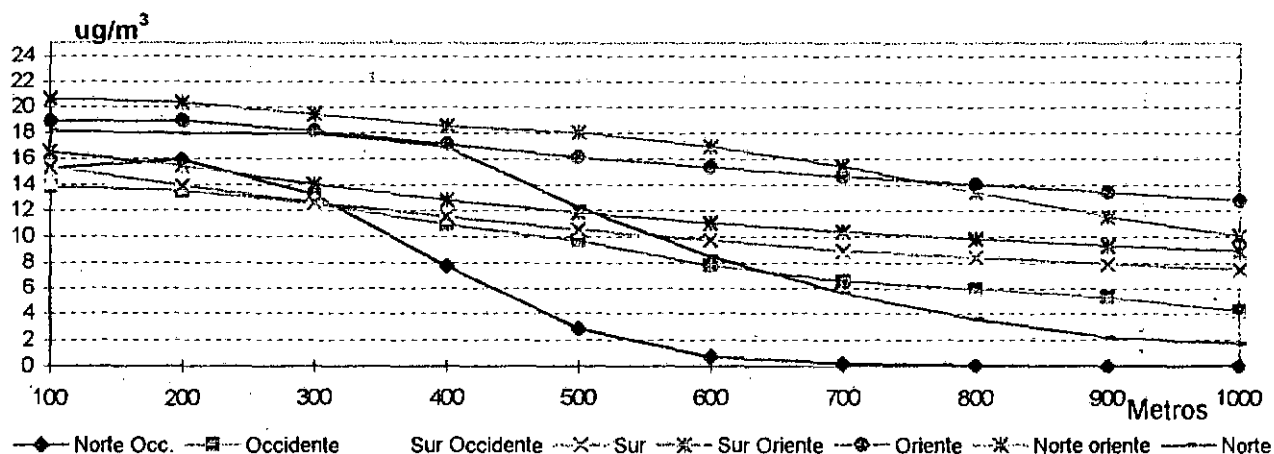
## 2.3 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE

Con los resultados de emisiones de cada una de las fuentes fijas (19 chimeneas) se alimenta el modelo de dispersión ISCLT, el cual en combinación de variables meteorológicas de la zona en estudio permite conocer el impacto a nivel de material particulado de las fuentes fijas evaluadas, un resumen de resultados se presenta a continuación.

TABLA No 5 RESULTADOS MODELACION DE PST COMUNA 8

Distancia (m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Dirección	CONCENTRACIÓN ug/m <sup>3</sup>									
Norte Occi.	15,2	15,9	13,2	7,7	2,8	0,68	0,22	0,05	0,0	0,0
Occidente	13,8	13,5	12,5	10,9	9,65	7,76	6,56	5,9	5,3	4,2
Sur Occidente	14,2	13,9	12,7	11,5	10,5	9,6	8,8	8,09	7,4	6,8
Sur	15,3	13,9	12,6	11,5	10,5	9,7	8,9	8,4	7,9	7,5
Sur Oriente	16,5	15,4	14,0	12,8	11,8	11,04	10,36	9,8	9,32	8,9
Oriente	18,85	18,9	18,1	17,1	16,1	15,3	14,6	14	13,4	12,8
Norte oriente	20,6	20,3	19,4	18,5	18	16,9	15,4	13,4	11,5	10,08
Norte	18,13	17,93	17,9	16,9	12,2	8,44	5,6	3,5	2,15	1,7

GRAFICA NO 2 : IMPACTO DE MATERIAL PARTICULADO UG/M<sup>3</sup> ALREDEDOR DEL EJE DE REFERENCIA KRA 10 CON CALLE 33 COMUNA 8



De acuerdo con la modelación del contaminante, partículas, las direcciones de mayor impacto son las direcciones Oriente y Norte oriente presentando aportes de partículas en un intervalo de (10 a 20)  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en distancias entre 100 y 1000 metros del eje de referencia (Carrera 10 con Calle 33). Respecto al estudio de calidad del aire (partículas suspendidas totales).

Es importante aclarar que el modelo de dispersión obtiene una aproximación del impacto por material particulado alrededor del eje de referencia y exclusivamente de las fuentes suministradas (19 chimeneas).

A continuación se presentan resultados de la modelación de material particulado por el impacto del tránsito vehicular, donde se visualiza que uno de los grandes aportantes a la calidad del aire de la Comuna 8, es el flujo vehicular sobre las principales arterias del sector, obteniéndose un impacto superior que la presentada por fuentes fijas (Chimeneas).

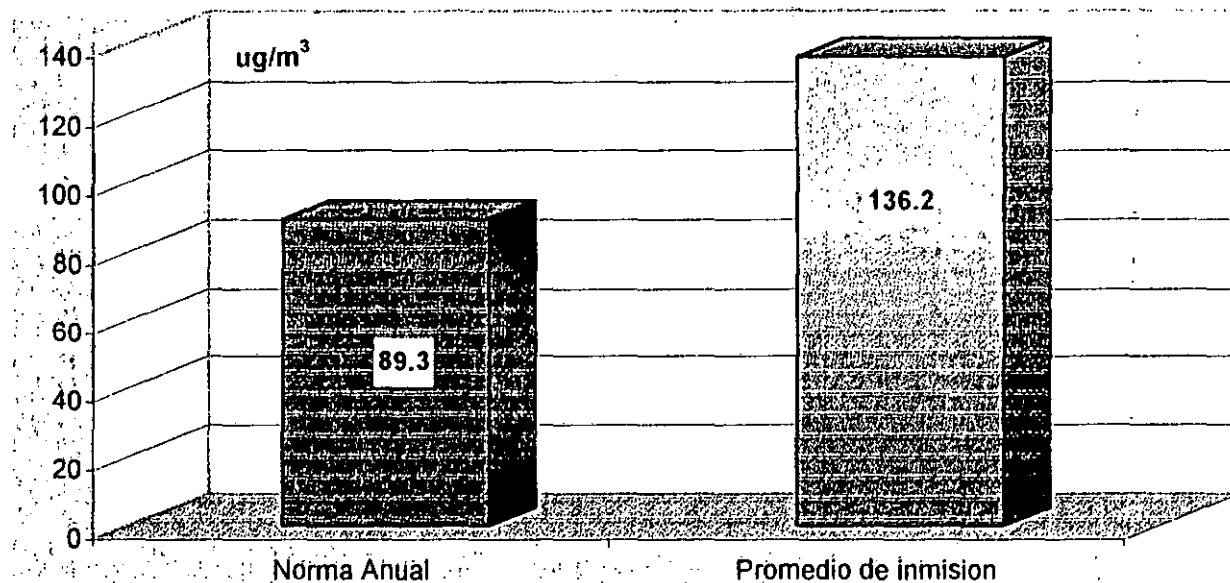
**TABLA No 6. RESULTADOS MODELACION DE PST TALLERES DEL MUNICIPIO IMPACTO POR FLUJO VEHICULAR CARRERA 8 CON CARRERA 70 COMUNA 8 CONCENTRACIÓN EN  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

Distancia (m)	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Dirección	CONCENTRACIÓN $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
Norte Occi.	50,99	52,81	12,74	7,91	4,65	2,72	1,87	1,28	0,91	0,60
Occidente	74,48	52,21	21,68	14,93	10,38	7,30	5,25	3,85	2,95	2,27
Sur Occidente	46,92	38,56	21,07	15,91	12,25	9,67	7,78	6,36	5,28	4,44
Sur	52,08	36,72	26,28	20,06	15,77	12,74	10,53	8,76	7,32	6,18
Sur Oriente	64,23	52,23	36,87	27,91	21,96	17,82	14,77	12,47	10,66	9,24
Oriente	89,84	75,53	52,42	38,76	29,75	23,58	19,20	16,05	13,66	11,80
Norte oriente	81,65	77,55	46,70	31,66	22,42	16,66	13,14	10,54	8,62	7,11
Norte	74,85	44,81	25,89	17,19	11,04	7,28	5,11	3,69	2,76	2,02

Nota: los datos de entrada para la modelación son conteo vehicular, tipo de vehículos, ancho y largo de vía, la información es suministrada por trabajo de consultoría en Cali.

Los resultados de las mediciones en el sitio seleccionado (estación vivienda carrera 11G No 32-44) (Tabla No 17 ) presentan un intervalo de concentración de partículas suspendidas totales (PST) entre 188.97 y 84.133  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  concentraciones que no superan la norma diaria de 357.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el valor promedio geométrico es de 136.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registro que se encuentra un 52.5 % por encima de la norma promedio anual (89.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ). La interpretación estadística, Prueba Z, determina que la probabilidad de superar la norma diaria es nula.

GRÁFICA NO 3 : CONCENTRACIÓN DIARIA DE PST VIVIENDA COMUNA 8 VERSUS NORMA DIARIA ( $\text{UG}/\text{M}^3$ )



### Calificación Ambiental

Analizando los resultados de concentración de material particulado PST durante el periodo de Febrero del 2000 se concluye lo siguiente :

Ambientalmente la concentración promedio geométrico de partículas suspendidas totales (PST), en los alrededores de la comuna No 8 se encuentran en un intervalo de calificación ICA de "Regular" © .



## 2.4 CONCLUSIONES GENERALES

### 2.4.1. FUENTES FIJAS DE EMISION

De acuerdo con los resultados de emisión de partículas por chimenea se relacionan en la Tabla No 7, las empresas que no cumplen la norma :

**TABLA No 7 CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVIDAD DE EMISIONES ATMOSFERICAS**

PARÁMETRO	EMPRESAS QUE NO CUMPLEN LA NORMATIVIDAD
<b>Altura de Chimenea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postobón,</li> <li>• Carnes Frias Enriko,</li> <li>• Cartones de Occidente</li> <li>• Productos Alimenticios Aladino,</li> <li>• Productos calima, Uribes Ltda.</li> </ul>
<b>Material particulado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bavaria Caldera Distral</li> <li>• Bavaria caldera Babckok</li> </ul>
<b>SOx</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaseosas Lux</li> <li>• Gaseosas Postobon</li> <li>• Bavaria Caldera Distral</li> <li>• Bavaria Caldera Babckok</li> <li>• Lloreda Jabones</li> <li>• Andina de Cartones Especiales</li> <li>• Caliasfaltos</li> <li>• Cartones de Occidente</li> <li>• Confites Bombolina</li> </ul>
<b>NOx</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gaseosas Lux</li> <li>• Gaseosas Postobon</li> <li>• Bavaria Caldera Distral</li> <li>• Bavaria Caldera Babckok</li> <li>• Lloreda Jabones</li> <li>• Andina de Cartones Especiales</li> <li>• Caliasfaltos</li> <li>• Cartones de Occidente</li> <li>• Confites Bombolina</li> <li>• Procesadora Avicola del Valle</li> <li>• Centro de Zoonosis</li> </ul>

## 2.4.2 ESTUDIO DE CALIDAD DEL AIRE

La evaluación de la calidad del aire (inmisión) permite detectar que no sólo las fuentes fijas evaluadas (chimeneas) aportan directamente el material particulado y gases de combustión a la comuna, sino también otras fuentes las cuales se describen a continuación.

- 1) El tránsito automotor de sus principales Arterias : Carrerra 8, Autopista Sur, Calle 26 Calle 70, Calle 34, Calle 44 y vías aledañas del sector, **obteniéndose un impacto superior que la presentada por fuentes fijas (Chimeneas).**
- 2) Basureros Crónicos (20 detectados).
- 3) Construcción en baja escala.
- 4) Fenómenos erosivos de terrenos de lotes.
- 5) Polvaredas por veranos prolongados.

Y la actividad industrial de las diferentes empresas posicionadas, las cuales aportan material particulado y gases de combustión.

Un escenario de referencia se presenta a continuación con el objetivo de observar la variabilidad de la Calidad del Aire del sector.

TABLA No 8. VARIABILIDAD DE CALIDAD DEL AIRE COMUNA 8

Centro de Salud Diego Lálende			
Registro concentración promedio geométrico anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Norma Diaria	Norma Anual
1998	1997	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
179	185	357.2	89.3

Consolidado de los dos (2) últimos años en la evaluación de la Calidad del Aire en la comuna 8 el cual refleja la situación medioambiental del sector (Fuente de información Secretaria de Salud Municipal).

119

De acuerdo con el consolidado de los dos últimos años reportados por la Secretaría de Salud, las concentraciones anuales de 1997 y 1998 del centro de salud ubicado en la Comuna 8, se encuentran por encima del valor promedio geométrico norma de  $89.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Decreto 02 de 1982 artículo 31) es importante informar que las concentraciones encontradas coinciden con el reporte de POT (Plan de Ordenamiento Territorial-Contaminación de emisiones) donde se establecen concentraciones de material particulado (PST) superiores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Igualmente los resultados de la evaluación en la vivienda ubicada en la carrera 11G No 32-44 presentan niveles superiores a  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , registros que corroboran el impacto sobre el sector Comuna No 8.

Un panorama medioambiental (calidad del aire) respecto a Partículas suspendidas totales del sector en estudio se presenta en el siguiente cuadro :

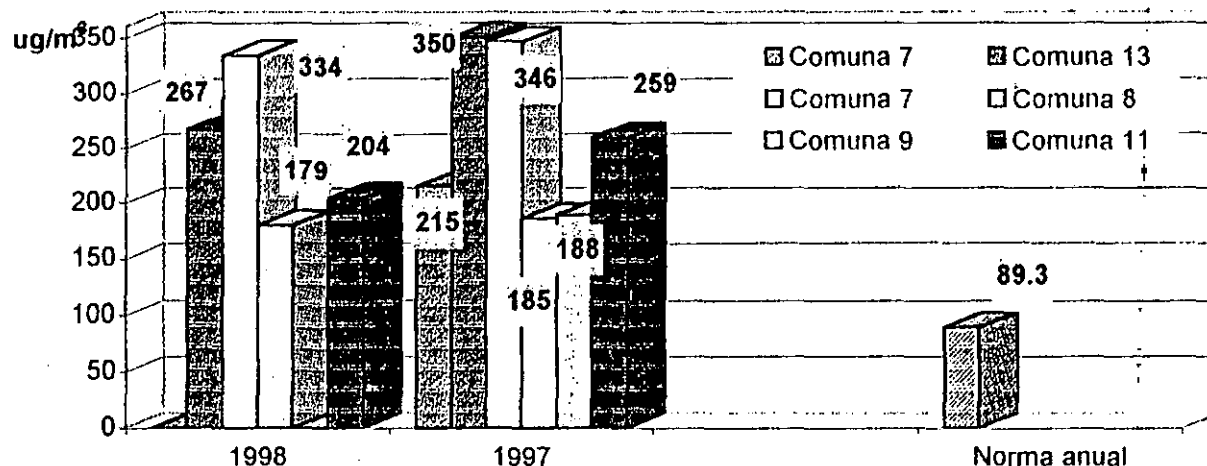
TABLA No 9. PANORAMA MEDIOAMBIENTAL PST COMUNA 8

Centro de Salud	Comuna No	Concentración Promedia geométrica anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		
		1998	1997	2000
Base aérea Marco Fidel Suarez	7	--	215	
Hospital Carlos H. Trujillo	13	267	350	
Las Ceibas	7	334	346	
Diego Lalinde	8	179	185	
Obrero	9	---	188	
Luis H. G.	11	204	259	
Barrio Municipal (Kra 11G # 32-44)				136.2

Fuente : Secretaría de Salud Publica.

El siguiente Gráfico interpreta el impacto de material particulado versus la norma

GRAFICA NO 4: CALIDAD DEL AIRE SECTOR COMUNA 8 Y SUS ALREDEDORES



Un estadístico de causas de morbilidad en la Comuna No 8 (Centro de Salud Diego Lalinde) durante 1998 en su orden jerárquico son las siguientes :

1. Infecciones respiratorias Agudas.
  2. Enfermedades hipertensivas.
  3. Otras Virosis.
  4. Control de embarazo de alto riesgo.
  5. Enfermedades del aparato digestivo.
  6. Enfermedades de los órganos genitales.
  7. Enfermedades del sistema nervioso.
  8. Enfermedades órganos y sentido.
  9. Enfermedades dientes y estructura.
- Enteritis y otras enfermedades diarreicas

### 3.0 RECOMENDACIONES GENERALES

De manera global se describen las principales medidas correctivas para mejorar el impacto por material particulado en la zona evaluada.

- ⇒ Recomendar el empleo de combustibles limpios (Gas natural).
- ⇒ Establecer un control permanente con las empresas que no cumplen con la norma vigente.
- ⇒ Mejorar tecnológicamente los controles antes de emitir contaminantes al aire.
- ⇒ Establecer horarios de funcionamiento mínimos de emisión de contaminantes en empresas que en la actualidad violen la norma y utilicen combustibles agresivos al medio ambiente.
- ⇒ Monitorear y vigilar permanentemente las fuentes fijas de emisión.

## **4.0 EVALUACION DE FUENTES FIJAS DE EMISION**

### **4.1 METODO DE MUESTREO**

Los muestreos se realizaron en cinco (5) etapas, denominadas métodos, los cuales se describen a continuación.

#### **Método 1 (Número de puntos a muestrear)**

Para obtener el número de puntos a muestrear en la sección transversal de cada chimenea, se requiere:

- Cálculo del diámetro interno de la chimenea.
- Altura de la chimenea.
- Distancias del toma muestra a la boca de la chimenea y de éste a la última perturbación (codo, cambio de diámetro, etc.).
- Determinar la existencia o no de flujo ciclónico.

Con estos datos se determina el número de puntos de muestreo.

#### **Método 2 (Condiciones de flujo)**

Determinación de la velocidad del gas ( $V_s$ ), rata volumétrica de flujo ( $Q_s$ ) y la densidad del gas en la chimenea.

#### **Método 3 (Composición del gas)**

Determinación de la composición del gas en la chimenea, mediante la medida de los siguientes parámetros:

- %  $CO_2$ : Dióxido de carbono
- %  $CO$ : Monóxido de carbono
- %  $O_2$ : Oxígeno

Todos estos porcentajes serán referidos en volumen.

**Método 4 (Porcentaje de humedad)**

Determinación del contenido de humedad en el gas de la chimenea.

**Método 5 (Medición del contaminante)**

Determinación de la emisión de partículas por gravimetría.

**4.2 EQUIPO UTILIZADO**

Para efectuar el muestreo isocinético se utilizó un equipo muestreador isocinético, que consta de las siguientes unidades:

**Módulo de Control**

- Medidor de presión a través del orificio.
- Medidor de presión de velocidad.
- Medidor de presión estática y total.
- Medidor de temperaturas.

**Módulo de Muestreo**

- Zona fría con un tren de impingers.
- Zona caliente con horno y porta filtro.
- Cordón Umbilical.
- Sonda de Muestreo.

También se utilizó un analizador automático para gases tipo Bacharach, balanza analítica, reactivos y vidriería.

**4.3. ECUACIONES UTILIZADAS PARA LOS CALCULOS**

A continuación se presenta el sistema de ecuaciones utilizadas para los cálculos de los muestreos isocinéticos:

**PRESION ABSOLUTA EN CHIMENEA =  $P_s$** 

$$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$$

$P_{bar}$  = Presión barométrica (mm de Hg).

$P_s$  = Presión estática (mm de Hg).

**PRESION ABSOLUTA DE MEDICION =  $P_m$**

$$P_m = P_{bar} + (\Delta H / 13.6)$$

$\Delta H$ = Presión diferencial a través de la placa de orificio (Pulgada de agua).

**VOLUMEN MEDIDO EN CONDICIONES ESTANDAR =  $V_{m(std)}$**

$$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$$

$$V_{mce} = V_m \times (P_m / 29.92) \times (528 / T_m) \times K$$

$V_m$  = Volumen de gas seco medido a condiciones del medidor (en  $\text{Pie}^3$ ).

$Y$  = Factor de calibración del medidor de gas seco.

$T_{std}$  = Temperatura absoluta estándar.

$T_m$  = Temperatura absoluta del medidor de gases secos.

$P_m$  = Presión absoluta del medidor de gases secos.

$P_{std}$  = Presión estándar absoluta.

**VOLUMEN DE AGUA RECOLECTADA EN EL MUESTREADOR DE GAS , EN CONDICIONES ESTANDAR =  $V_{wc(std)}$ .**

$$V_{wc(std)} = K_1 \times (V_f - V_i) + K_2 \times (W_f - W_i)$$

$K_1$  = Constante de cálculo de humedad 0.04707  $\text{Pie}^3/\text{min}$ .

$V_f$  = Volumen final de agua en los impactadores (mL).

$V_i$  = Volumen inicial de agua en los impactadores (mL).

$K_2$  = Constante de calculo de humedad 0.04715  $\text{Pie}^3/\text{min}$ .

$W_f$  = Peso final de la sílica gel en gramos.

$W_i$  = Peso inicial de la sílica gel en gramos.

**CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS GASES =  $B_{ws}$**

$$B_{ws} = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V(std)}$$

**PESO MOLECULAR DEL GAS SECO EN CONDICIONES DE CHIMENEA, BASE SECA =  $M_d$**

$$M_d = 0.32 \times (\%O_2) + (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2 + \%CO)$$

**PESO MOLECULAR DEL GAS EN CONDICIONES DE CHIMENEA, BASE HUMEDA =  $M_s$**

$$M_s = M_d \times \left( 1 - \frac{(B_{ws})}{100} \right) + (0.18 \times B_{ws})$$



**VELOCIDAD PROMEDIO DEL GAS EN LA CHIMENEA =  $v_s$** 

$$v_s = K_p \times C_p \times \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{s_{avg}}}{M_s \times P_s}} \right)$$

$K_p$  = Constante del tubo pitot.

$C_p$  = Coeficiente de calibración del tubo pitot

$\Delta P$  = Cabeza de velocidad del gas en la chimenea.

$T_s$  = Temperatura absoluta de los gases en la chimenea en grados Rankine

$P_s$  = Presión absoluta de los gases de emisión.

$M_s$  = Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base seca.

**CAUDAL DE LOS GASES A CONDICIONES DE CHIMENEA =  $Q_s(A)$** 

$$Q_{s(A)} = v_s \times A_s \times 60$$

$A_s$  = Area de la sección transversal del ducto o chimenea

**CAUDAL EN CONDICIONES ESTANDAR =  $Q_s(std)$** 

$$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$$

**ISOCINETISMO**

$$I(\%) = \frac{100 \times T_s \times \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{T_m \times V_{mxy}}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_s \times v_s \times A_n}$$

$V_{lc}$  = Volumen total del agua condensada (mL).

$K_3$  = Constante formula de isocinetismo.

$\theta$  = Tiempo total de muestreo en minutos.

$A_n$  = Area de la boquilla utilizada en el muestreo.

**CONCENTRACION DE PARTICULAS EN CONDICIONES ESTANDAR =  $C_s$  (528°R - 29.92 Hg)**

$$C_s = P_{tp} / V_{mce}$$

$P_{tp}$  = Peso total de partículas en gramos

**CONCENTRACION DE PARTICULAS A CONDICIONES DE REFERENCIA =  $C_{cr}$** 

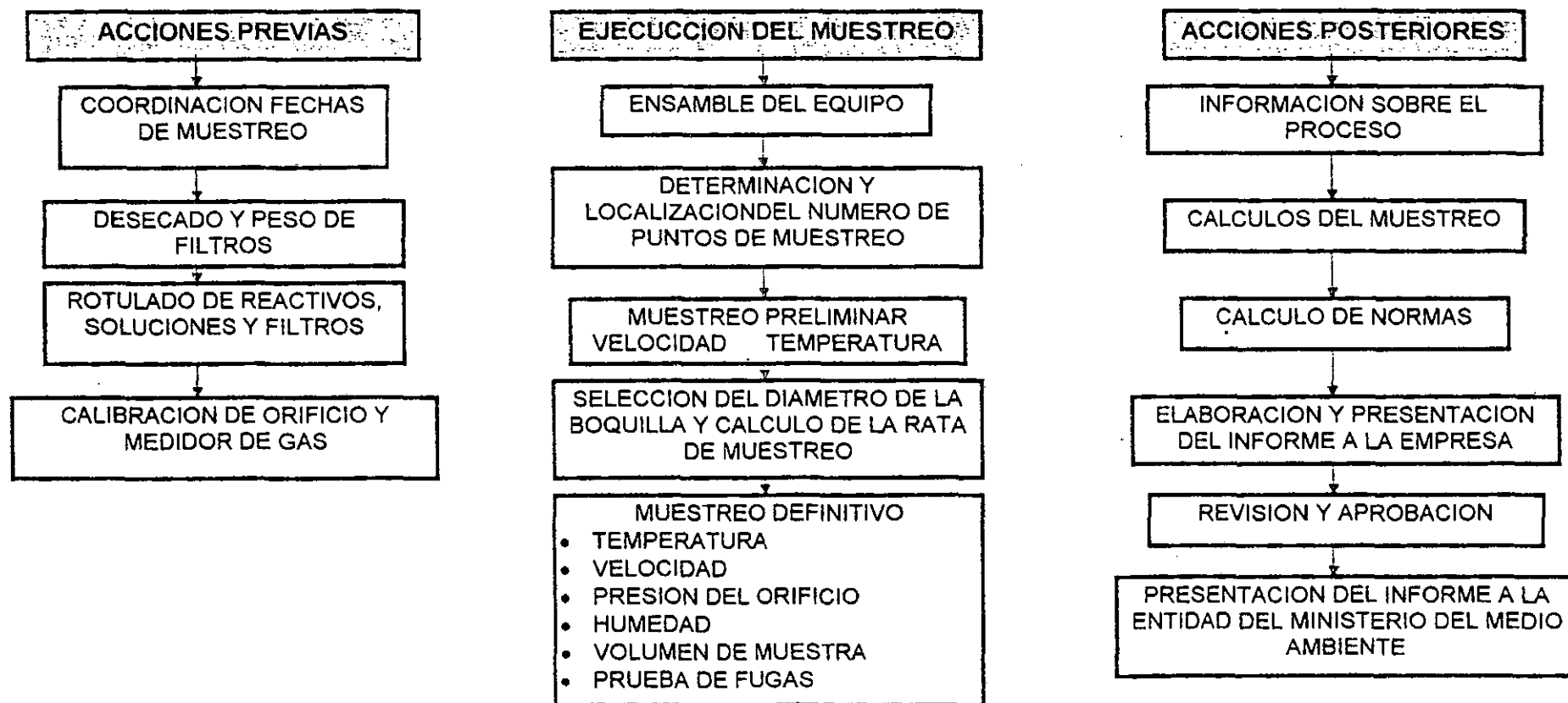
$$C_{cr} = P_{tp} / V_{mcr}$$

**EMISION TCTAL DE PARTICULAS (ETP A CONDICIONES DE REFERENCIA)**

$$ETP = C_{cr} \times Q_{cr} \times 60 / 1000$$

La Grafica No 5 presenta la metodología global para la evaluación de emisiones atmosféricas.

GRAFICA NO 5 METODOLOGIA GLOBAL PARA LA EVALUACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS



#### 4.4 RESULTADOS

Los resultados de la pruebas isocinéticas de cada una de las empresas se relaciona en el Anexo No 1, a continuación se presenta un cuadro resumen de resultados.

Tabla No 10 RESULTADOS MEDICIONES EN CHIMENEA COMUNA No 8

Muestreo de emisiones atmosféricas Comuna No 8					
Empresa	Dirección	Resultado			
		M.P. Kg./Hora	SO <sub>2</sub> ppm	NOx ppm	Altura m.
Gaseosas Lux	Carrera 8 No 30-60	1.4	321	184	15
Gaseosas Postobon	Calle 28 No 8-40	2.06	432	296	17.4
Bavaria S.A. Caldera 1	Carrera 8 No 30-49	41.9	301	122	29.8
Bavaria S.A. Caldera 2	Carrera 8 No 30-49	34.26	89	314	23
Sanofi Winthop de Colombia S.A.	Calle 31 No 8A-26	0.0216	1.3	6.8	19.4
LLoreda Grasas S.A.	Carrera 10 No 32-19	8.15	67	67	15.5
Andina de Cartones Especiales S.A.	Carrera 7 No 34-120	3.96	112	164	25.0
Procesadora Avícola del Valle.	Calle 41 No 8A-24	0.036	132	83	15.5
Carnes Frías Enriko Ltda.	Calle 40 No 14-94	0.0061	0.5	2.7	12.6
Caliasfaltos EIC	Carrera 8 con 70 esquina	14.13	236	128	27
Cartones de Occidente	Calle 36 No 7-10	1.27	244	188	14.43
Productora de Alimentos Aladino	Carrera 7L No 65-25	0.024	78	94	10.42
Confites Bombolina Ltda.	Carrera 7D No 69A-66	0.087	120	164	15
Centro de Zoonosis	Carrera 9 No 27-07	0.4	31	18	16.2
Aluminios Alfaro Ltda.	Carrera 8A No 46-53	No fue evaluada por cierre			
Muestreo indirecto de emisiones atmosféricas (Factores de Emisión)					
Productos Calima & Cía Ltda. Cald 1	Calle 50 No 13-41	0.000133	* 0.002935	* 0.001331	10
Productos Calima & Cía Ltda. Cald 2	Calle 50 No 13-41	0.000133	* 0.002935	* 0.001331	8
Carnes procesadas Frizz Ltda.	Calle 40 No 14-30	0.000159	* 0.00349	* 0.001585	18
Uribes Ltda. Caldera	Cra 41 No 10-33	0.000063	* 0.001397	* 0.000634	10
Uribes Ltda. Horno Ahumador	Cra 41 No 10-33	0.000068	* 0.000003	* 0.002248	10

(\*Kg/h)

TABLA No 11 : COMPARATIVO DE EMISION VERSUS NORMA NACIONAL Y NORMA EPA

Muestreo de emisiones atmosféricas Comuna No 8												
	Resultado											
Empresa	MP Kg./H	Norma MP Kg./H	SO <sub>2</sub> Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Norma Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	NO <sub>2</sub> Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Norma Lb/10 <sup>6</sup> Kilocal	Cumplimiento de Norma				Altura	Altura
							MP	SO2	NOx	Altura	Real	Mínim a
Gaseosas Lux	1.4	5.4	1.1	0.8	2.7	0.3	Si	No	No	Si	15.0	15
Gaseosas Postobon	2.06	21.4	3.1	0.8	6.3	0.3	Si	No	No	No	15.3	17
Bavaria S.A. Caldera 1	3.27*	1.72*	4.8	0.8	1.4	0.3	No	No	No	Si	29.8	16
Bavaria S.A. Caldera 2	4.76*	1.87*	7.0	0.8	3.05	0.3	No	No	No	Si	23.1	16
Sanofi Winthop de Colombia S.A.	0.02	1.68	0.03	0.8	0.009	0.3	Si	Si	Si	Si	19.4	15
LLoreda Grasas S.A.	8.1	11.2	1.9	0.8	1.3	0.3	Si	No	No	Si	15.5	15
Andina de Cartones Especiales S.A.	3.9	5.3	3.7	0.8	3.5	0.3	Si	No	No	Si	25	15
Procesadora Avícola del Valle.	0.032	3.4	0.29	0.8	0.69	0.3	Si	Si	No	Si	15.5	15
Carnes Frías Enriko Ltda	0.006	1.5	0.006	0.8	0.0014	0.3	Si	Si	Si	No	12.6	15
Caliasfaltos EIC	0.43**	0.56**	1.21	0.8	0.47	0.3	Si	No	No	Si	27.0	20
Cartones de Occidente	1.27	2.35	1.18	0.8	0.66	0.3	Si	No	No	No	14.1	15
Productora de Alimentos Aladino	0.024	2.2	0.23	0.8	0.2	0.3	Si	Si	Si	No	10.42	15
Confites Bombolina Ltda	0.08	1.67	0.84	0.8	0.83	0.3	Si	No	No	Si	15.0	15
Centro de Zoonosis	0.16***	4.69***	0.35	0.8	4.39	0.3	Si	Si	No	Si	16.2	15
Aluminios Alfaro	CIERRE DE INSTALACIONES											
Muestreo indirecto de emisiones atmosféricas (Factores de Emisión)												
Productos Calima & Cía Ltda	0.000133	1.39	0.095	0.8	0.043	0.3	Si	Si	Si	No	10	15
Productos Calima & Cía Ltda	0.000266	1.39	0.095	0.8	0.043	0.3	Si	Si	Si	No	8	15
Carnes procesadas Frizz Ltda	0.00015	1.38	0.098	0.8	0.044	0.3	Si	Si	Si	Si	18	15
Uribes Ltda	0.000063	1.6	0.119	0.8	0.054	0.3	Si	Si	Si	No	10	15
Uribes Ltda	0.000068	1.6	0	0.8	0	0.3	Si	Si	Si	No	10	15

\*Kg/10<sup>6</sup>kilocalorias. \*\*Kg/Ton. \*\*\*g/m3

## 5.0 ESTUDIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### 5.1 MODELO DE DISPERSION DE CONTAMINANTES ISCLT

El modelo ISCLT (Industrial Source Complex Long Term) es una aplicación EPA (Agencia de protección ambiental U.S.A.) que permite estimar en periodos cortos y anuales la concentración de emisiones complejas industriales. El modelo es una herramienta para determinar las causas de un problema de contaminación existente, sirve para evaluar el impacto ambiental parte aire de los proyectos de desarrollo industrial y urbano igualmente suministran información para el desarrollo de planes de control de contaminación del aire y para mantener los niveles de calidad del aire adecuados para una población determinada.

Para hacer uso del modelo de dispersión ISCLT es necesario, además de conocer los datos meteorológicos de la zona, contar con un estimado de las emisiones que se quieran evaluar.

La modelación de contaminantes se inicia con la recolección de información de datos meteorológicos y parámetros físicos de las fuentes fijas a modelar.

En los siguientes numerales se hace una breve descripción de lo que es y en que está basado el modelo de dispersión ISCLT, se presentan los datos de entrada y los resultados obtenidos para cada uno de los sitios, de acuerdo con los datos de salida (concentraciones promedio anual) se elige la distancia a la cual se ubicará las estación de muestreo para conocer el impacto contaminante por el período de diez días continuos.

### 5.1.1 Aplicación del modelo ISCLT.

El programa ISCLT está diseñado para calcular promedios de concentración o valores de sedimentación total producidos por emisiones de diferentes tipos de fuentes tales como : chimeneas, fuentes de área y fuentes volumen. Los valores de concentración pueden ser calculados para períodos estacionales y/o anuales para cada fuente individual o para la combinación de varias de ellas.

Este modelo está escrito en ANSI FORTRAN 77 y tiene como principales requerimientos de entrada los siguientes elementos:

- Opciones del programa y control de registros.
- Datos meteorológicos.
- Información de las diferentes fuentes.

### 5.1.2 Opciones y controles del programa

Entre las principales opciones y controles del programa se puede mencionar.

- Cálculo de concentración o sedimentación.
- Impresión de resultados en coordenadas cartesianas o polares.
- Sistema de receptores en malla o receptores discretos.
- Impresión de resultados mensuales y/o anuales.
- Medio de evaluación urbano o rural.
- Número de fuentes de entrada.
- Número de receptores en los ejes X, Y, o número de receptores discretos.

### 5.1.3 Datos meteorológicos

El programa requiere para su funcionamiento, los siguientes datos meteorológicos :

- Número de categorías de velocidad de viento.
- Número de categorías de dirección de vientos.
- Número de categorías de estabilidad Pasquill - Guifford.
- Vector de frecuencia acumulada de ocurrencia de velocidad y dirección de vientos para cada categoría de estabilidad.
- Vector de temperatura ambiental como función de la categoría de estabilidad.
- Vector de alturas de mezclas como función de la categoría de estabilidad, dirección de vientos y estación.
- Vector del valor medio de cada categoría de velocidad.

### 5.1.4 Velocidad de Viento

El viento es el aire en movimiento y se presenta por las diferencias de presión, densidad y demás características atmosféricas. La medida que se hace del viento es la componente horizontal del movimiento del aire, este vector tiene dos componentes: Dirección y velocidad.

Tanto en las mediciones de velocidad como en la de dirección de vientos es importante considerar los factores locales, tales como la presencia del mar, montañas, barreras urbanísticas que influyen en los detalles del movimiento del aire.

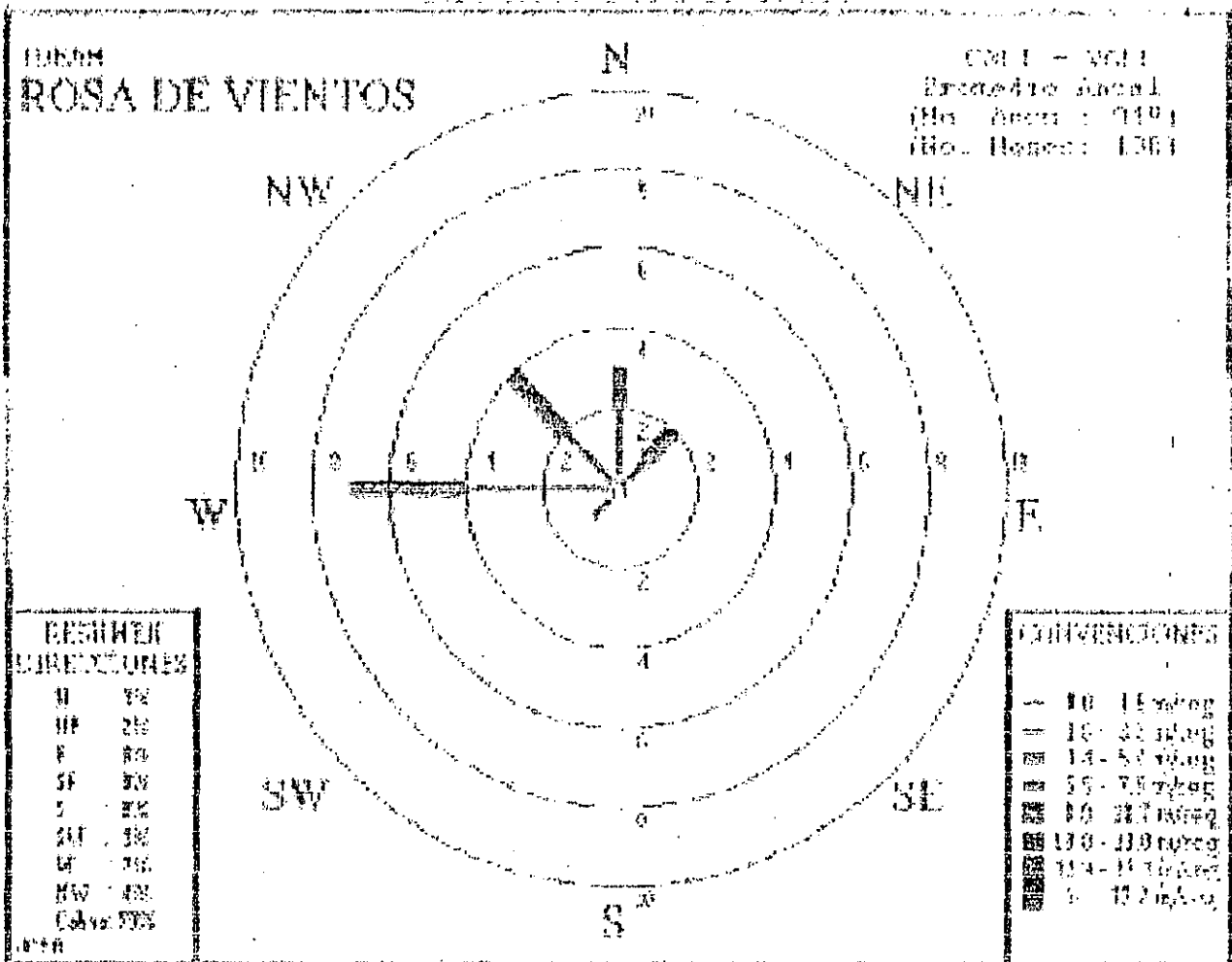
Para referenciar el sistema de vientos de la zona de estudio , se consideró la rosa de vientos acumulada de la estación de la base aérea Marco Fidel Suarez. Ver Gráfica 6.



33

**Rosa de Vientos Multidireccional**

**Base Aérea Marco Fidel Suárez**



GRAFICA NO 6 ROSA DE VIENTOS BASE AEREA MARCO FIDEL SUAREZ

### 5.1.5 Categorías de Dirección de Vientos

Este parámetro indica el número de direcciones de vientos con los que trabajará el modelo, estas categorías pueden ser cuatro, ocho o dieciséis. Para nuestro caso utilizamos ocho direcciones, basados en lo que muestra la rosa de vientos de la Base Área Marco Fidel Suarez.

Ver Tabla No 12 Dirección predominante de los vientos.

TABLA No 12 DESCRIPCION DE LAS CATEGORIAS DE DIRECCION DE VIENTOS

<b>SIMBOLOGIA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>N</b>	Norte
<b>NNE</b>	Norte-Noreste
<b>NE</b>	Noreste
<b>ENE</b>	Este-Noreste
<b>E</b>	Este
<b>ESE</b>	Este-Sureste
<b>SE</b>	Sureste
<b>SSE</b>	Sur-Sureste
<b>S</b>	Sur
<b>SSW</b>	Sur-Suroeste
<b>SW</b>	Suroeste
<b>WSW</b>	Este-Suroeste
<b>W</b>	Oeste
<b>WNW</b>	Oeste-Noroeste
<b>NW</b>	Noroeste
<b>NNW</b>	Norte-Noroeste

Los símbolos en **negrilla** corresponden a las direcciones escogidas para el modelo

### 5.1.6 Estabilidad Atmosférica

La atmósfera es un sistema continuo y dinámico en donde la estabilidad cambia constantemente de acuerdo a la hora del día, la presencia de nubes, el tipo de vientos, la temperatura de superficie y la concentración y tipo de contaminantes.

En la práctica se pueden presentar infinitas situaciones atmosféricas; el modelo se trabaja de acuerdo al tratamiento operativo propuesto por Pasquill - Guifford (1961) de la Oficina de Meteorología de la Gran Bretaña, el cual establece categorías de estabilidad atmosférica las cuales se referencian a continuación.

Las estabilidades se clasifican así:

A=1=Extremadamente inestable.

B=2=Inestable.

C=3=Ligeramente inestable.

D=4=Neutra.

E=5=Ligeramente estable.

F=6=Moderadamente estable.

En la Tabla No 13 se clasifican las estabilidades dadas por Pasquill-Guifford, de acuerdo con la velocidad de viento, la insolación y la nubosidad.

**TABLA No 13 CLASIFICACION DE LA ESTABILIDAD DE LA ATMOSFERA SEGUN PASQUILL-GUIFFORD**

VELOCIDAD DE VIENTO m/s	DIA (INSOLACION)			NOCHE	
	Fuerte	Moderada	Suave	Nubosidad	
				< 4/8	≥ 4/8
<2	A	A-B	B	---	---
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

La insolación corresponde a la altura (h) del sol sobre el horizonte, así :

Insolación fuerte	$h > 60^\circ$
Insolación moderada	$35^\circ < h \leq 60^\circ$
Insolación ligera	$h \leq 35^\circ$

#### 5.1.7 Ocurrencia de velocidad y dirección de vientos para cada estabilidad

Es la llamada distribución conjunto de probabilidades, que contiene la fracción de frecuencia de ocurrencia de dirección y velocidad de vientos para cada una de las estabilidades, los porcentajes de ocurrencia de la velocidad del viento se consiguen con la interpretación estadística que suministra la Rosa de Vientos.

#### 5.1.8 Vector de Temperatura

Este es el vector que contiene las temperaturas promedio en cada uno de los grupos de las estabilidades con que se trabaja en el programa.

### 5.1.9 Altura de Mezcla

El nivel en el cual el viento y la turbulencia dejan de ser afectados por las condiciones de la superficie, se conoce como altura de mezcla. En algunas ocasiones la altura de mezcla no supera los 30 o 40 metros sobre la superficie, debido a las inversiones de temperaturas que se presentan en las horas de la noche, pero, en otras ocasiones supera los 1000 metros, como es el caso en los días muy soleados y despejados.

$$H = -8000 \ln(P/P_{atm})$$

Donde :

H = altura de mezcla (m.).

P = Presión atmosférica (mm Hg).

P<sub>atm</sub> = Presión atmosférica a nivel del mar (760 mm Hg).

### 5.1.10 Valor medio de velocidad en cada categoría

Es el valor promedio en cada una de las categorías de velocidad que aparecen en el cálculo de la frecuencia acumulada de ocurrencia de velocidad y dirección de viento para cada estabilidad (distribución conjunta de probabilidades).

### 5.2 Información de las fuentes

En esta parte el modelo requiere una variada información, a continuación presentamos el listado general de las variables de ingreso al modelo de dispersión ISCLT.

TABLA No 14 DATOS DE ENTRADA PARA EL MODELO DE DISPERSIÓN ISCLT

Fuente Fija	Coordenadas		Altura de emisión	Temperatura Kelvin	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Emisión (g/s)
	Distancia X	Distancia Y					
Caliasfalto	2450	-160	27	329.06	15.96	0.7	4.008
Centro de Zoonosis	-580	20	16.2	574.4	6.08	0.54	0.11
Productora de alimentos Aladino	2800	730	10.4	457.1	4.09	0.3	0.0067
Bavaria S.A. (I)	-510	380	23.1	397.7	3.94	2.0	9.5
Bavaria S.A. (II)	-510	380	29.8	439.7	10.0	1.5	11.65
Confitas Bombolina	3500	1110	15.0	524.4	12.1	0.29	0.024
Uribe Ltda	640	-30	10		-	0.25	0.000175
Uribe Ltda	640	-30	10		-	0.25	0.00018
Carnes Frías EnriKo	610	-700	12.6	468.3	4.67	0.3	0.0017
Procesadora Avicola del Valle	580	80	15.5	576.6	8.98	0.3	0.009
Carnes procesadas Frizz	580	-680	18		-	0.2	0.000044
Sanofi	-390	120	19.4	618.07	10.31	0.25	0.006
LLoreda Grasas	-140	60	15.5	500.1	9.83	0.65	2.26
Gaseosas Lux	-380	160	15.0	503.8	6.52	0.46	0.38
Gaseosas Postobon	-610	150	15.3	444.4	5.66	0.57	0.57
Andina de cartones Especiales S.A.	0.0	500	25	468.7	11.19	0.61	1.1
Productos Calima	1220	-660	10	-	-	0.15	0.0036
Productos Calima	1220	-660	8	-	-	0.25	0.0036
Cartones de Occidente	100	550	14.43	478.69	8.24	0.56	0.355
Aluminios Alfaro	-440	90	-				

- Número e identificación de la fuente.
- Disposición de la fuente.
- Tipo de fuente (chimenea, volumen o de área).
- Coordenadas cartesianas X, Y de la fuente, de acuerdo a un punto de referencia.
- Altura sobre el suelo de la emisión.
- Variables características de la fuente : para chimenea el diámetro, la altura, la velocidad y temperatura de salida de los gases ; para fuentes de volumen las desviaciones estándares de las distribuciones de vientos cruzados y vertical ; para fuente de área el ancho del área de la fuente.
- Emisión de la fuente.

### *5.3 Dispersión de partículas modelando el ISCLT*

Para la dispersión de partículas en la zona evaluada se elige un eje de coordenadas en la referencia Carrera 10 con Calle 33, posteriormente se ubican las fuentes fijas (chimeneas).

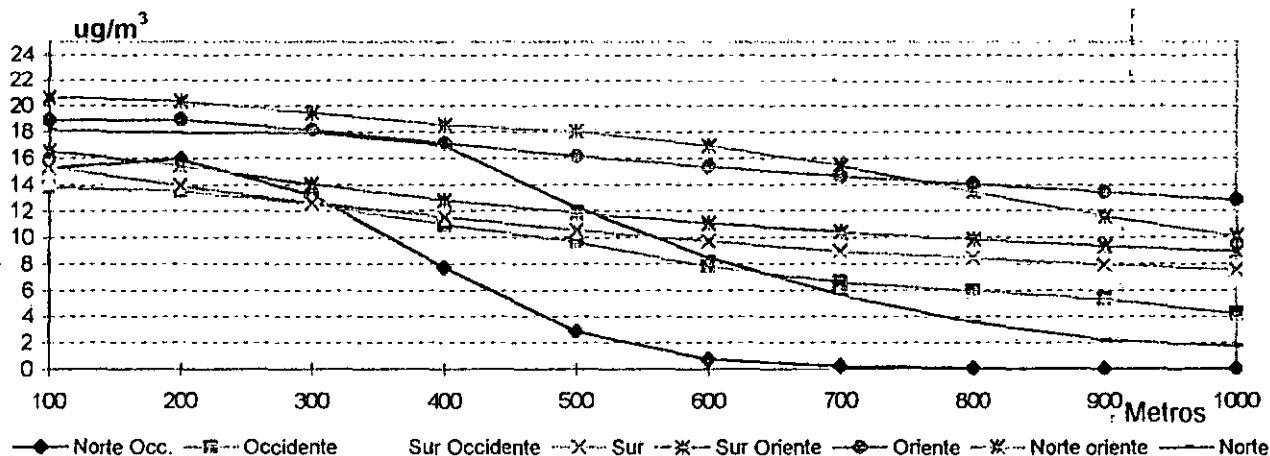
### *5.4 Resultados del modelo de dispersión ISCLT.*

Los resultados del modelo de dispersión de partículas para las fuentes fijas monitoreadas se presenta en el Anexo No 2, la siguiente Tabla y Figura nos presentan el impacto (concentración de PST promedio anual ) alrededor del eje de coordenadas.

TABLA No 15 RESULTADOS MODELACION DE PST COMUNA 8

Distancia (m)	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
Dirección										
Norte Occi.	15,2	15,9	13,2	7,7	2,8	0,68	0,22	0,05	0,0	0,0
Occidente	13,8	13,5	12,5	10,9	9,65	7,76	6,56	5,9	5,3	4,2
Sur Occidente	14,2	13,9	12,7	11,5	10,5	9,6	8,8	8,09	7,4	6,8
Sur	15,3	13,9	12,6	11,5	10,5	9,7	8,9	8,4	7,9	7,5
Sur Oriente	16,5	15,4	14,0	12,8	11,8	11,04	10,36	9,8	9,32	8,9
Oriente	18,85	18,9	18,1	17,1	16,1	15,3	14,6	14	13,4	12,8
Norte oriente	20,6	20,3	19,4	18,5	18	16,9	15,4	13,4	11,5	10,08
Norte	18,13	17,93	17,9	16,9	12,2	8,44	5,6	3,5	2,15	1,7

GRAFICO NO 7 IMPACTO DE MATERIAL PARTICULADO UG/M<sup>3</sup> ALREDEDOR DEL EJE DE REFERENCIA KRA 10 CON CALLE 33 COMUNA 8



### 5.5 Selección del sitio para instalar la estación de muestreo.

De acuerdo con los resultados de la modelación de contaminantes, el criterio para la selección del sitios de muestreo de contaminantes, se hace con base en identificar el lugar más afectado alrededor del eje de coordenadas (carrera 10 con calle 33).



Adicionalmente la selección del buen sitio, en donde instalar los equipos, se debe tener en cuenta los siguientes criterios :

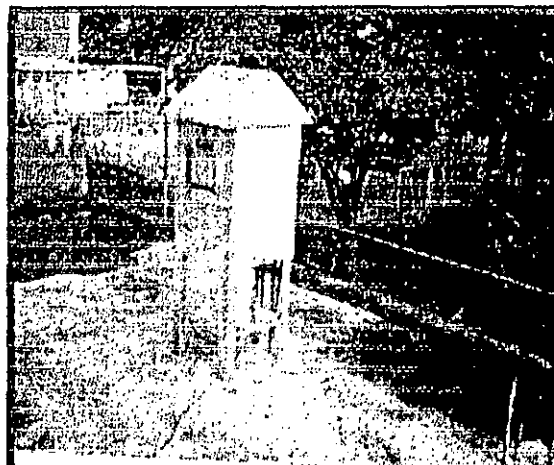
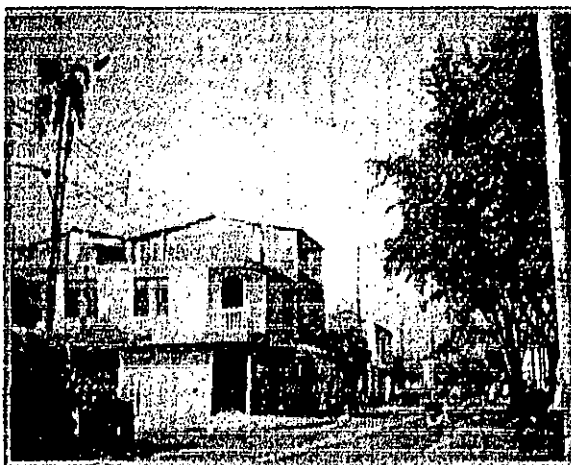
- Que se ajuste al cuadrante (dirección) arrojado por el modelo.
- Disponibilidad de terreno, acceso a los sitios de muestreo, disponibilidad de corriente eléctrica, seguridad del sitio y protección contra el vandalismo.
- Que el sitio elegido posea las siguientes observaciones técnicas:
  1. La altura de la boquilla de succión debe quedar entre 3 y 5 metros sobre el nivel del suelo.
  2. No se debe restringir el flujo de aire, en tres de las cuatro direcciones del viento.
  3. No se debe colocar a una distancia menor de 20 metros de una zona arborizada.
  4. No deben existir fuentes de generación de contaminantes cerca de la zona de estudio.

Los resultados arrojados en la corrida del modelo de dispersión ISCLT indican que la dirección más adecuada por la influencia de las fuentes fijas, son las direcciones; Este, Sur-este y Nor-este, del punto de referencia, (coordenadas en la Carrera 10 con calle 33).

El siguiente esquema geográfico muestra la ubicación de la estación, residencia ubicada en el Barrio Municipal Carrera 11G No 32-44.



**VIVIENDA CARRERA 11G No 32-44 BARRIO MUNICIPAL VISTA PANORAMICA Y  
LOCATIVA**



## 5.6 EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AIRE

Para evaluar la calidad se siguen los siguientes procedimientos:

### 5.6.1 Parámetros y técnicas de muestreo

La técnica utilizada para la toma de muestras se ejecuta con base en las siguientes lineamientos ambientales:

- Decreto 02 de enero 11 de 1982.
- Procedimientos de la E.P.A. (Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU.).
- Decreto 948 de junio 5 de 1995.

Para efectos del presente estudio el contaminante seleccionado como indicadores de la calidad del aire es partículas suspendidas totales ver Tabla No 16.

Tabla No16 PARAMETROS Y TECNICAS DE MEDICION

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA DE MEDICION	FRECUENCIA DE MUESTREO
Partículas suspendidas totales (PST)	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Alto Volumen Hi-Vol	1 muestra continua, durante 24 horas

Donde:

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ : Microgramos por metro cúbico.

### 5.6.2 EQUIPO UTILIZADO

Para el muestreo de partículas suspendidas se empleo el monitor ambiental Graseby Andersen de alto volumen (Hi-Vol) , compuestos por:

- Cubierta y soporte.
- Porta filtros.
- Filtros en fibra de vidrio.
- Motor de succión.
- Rotámetro.

Un esquema del equipo de muestreo tipo HI-VOL se presenta en el grafico No 8.

Las muestras se tomaron en forma continua de 24 horas, anotando en la hoja de campo, los siguiente datos:

- Peso inicial del filtro.
- Peso final.
- Flujo del equipo (inicial y final).
- Tiempo de muestreo.
- Condiciones climáticas.

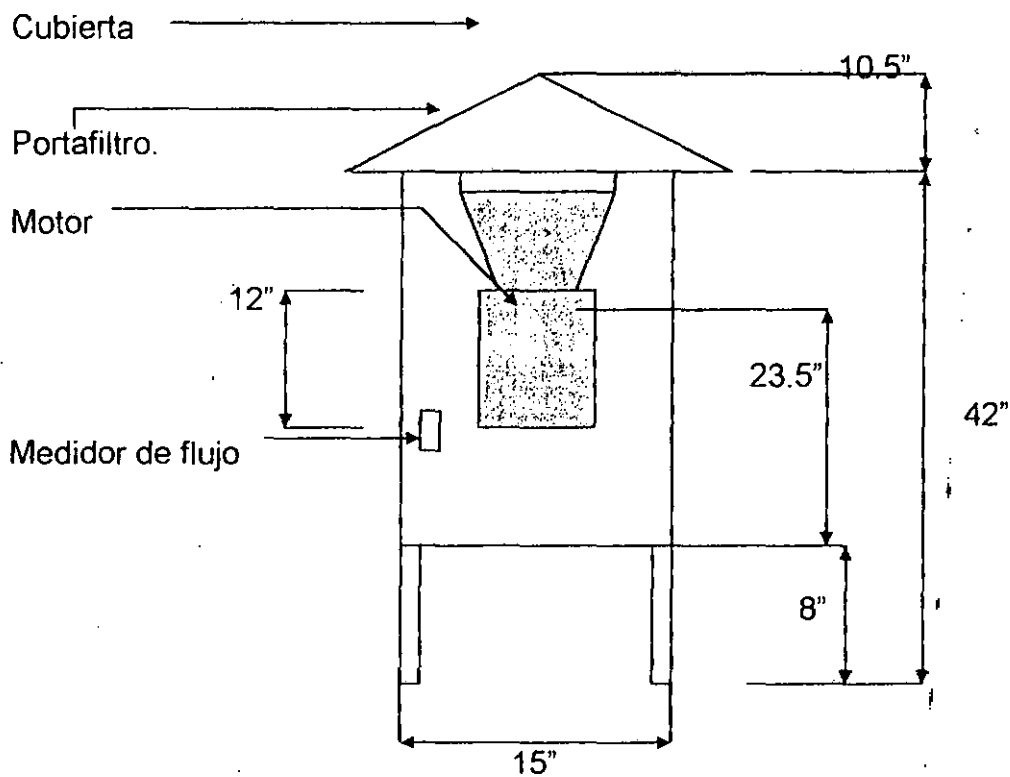
La determinación de la concentración se realiza así:

- Masa de partículas: Por gravimetría, estableciendo la diferencia de peso del filtro, antes y después del muestreo.
- Volumen de aire muestreado: Con el dato del flujo del equipo y el tiempo de muestreo.
- Concentración: Masa de partículas / Volumen de aire muestreado.

## WATER TECHNOLOGY LTDA

GRAFICO NO 8 EQUIPO DE MUESTREO PARAPARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES (HI-VOL)

El sistema de muestreo de la estación Hi-Vol, determina la cantidad de partículas suspendidas totales en el aire, utilizando un mecanismo de filtración.



### 5.6.3 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la evaluación de partículas se presentan a continuación en la Tabla No 17

A cada grupo de datos se le realizan pruebas estadísticas de: valor máximo, valor mínimo, promedio geométrico, desviación estándar y la probabilidad de superar la norma diaria durante el periodo de medición (Prueba Z).

Tabla No 17 RESULTADOS PARTICULAS SUSPENDIDAS TOTALES PST VIVIENDA CRA 11G No 32-44

Sitio 1 Estación de Transferencia Talleres del Municipio.									
Fecha	Filtro No.	Peso inicial (gramos.)	Peso final (gramos.)	Peso neto (gramos.)	Flujo promedio (cfm)	Flujo corregido (cfm)	Tiempo minutos.	Volumen de aire (m <sup>3</sup> )	Concentración de partículas (µg/m <sup>3</sup> )
Feb 02-03-2000	22	2.722	2.9175	0.1955	56	56.98	1440	2323.74	84.13
Feb 03-04-2000	23	2.7107	2.9175	0.2068	56	56.98	1450	2339.88	88.38
Feb 04-05-2000	24	2.7243	3.119	0.3947	58	58.94	1450	2420.36	163.07
Feb 05-06-2000	25	2.7366	3.0552	0.3186	56	56.98	1430	2307.60	138.07
Feb 06-07-2000	26	2.7272	2.9682	0.241	56	56.98	1420	2291.46	105.17
Feb 07-08-2000	27	2.7308	3.0656	0.3348	56	56.98	1440	2323.74	144.08
Feb 08-09-2000	28	2.7351	3.121	0.3859	56	56.98	1430	2307.60	167.23
Feb 09-10-2000	29	2.7118	3.1746	0.4628	60	60.9	1420	2449.11	188.97
Feb 10-11-2000	30	2.7182	3.0886	0.3704	58	58.94	1420	2370.29	156.27
Feb 11-12-2000	31	2.7122	3.1446	0.4324	60	60.9	1430	2466.36	175.32
ESTADISTICA									
								Valor Máximo	188.97
								Valor mínimo	84.13
								Promedio geométrico	136.2
								Desviación estándar poblacional	34.9
								Prueba Zeta	0.00

Tabla No 19 NORMAS LOCALES DE CALIDAD DEL AIRE (683.5 mm Hg y 27 °C)

Ciudad : Santiago de Cali (Valle)	
Altura sobre el nivel del mar (m)	995
Temperatura promedio (°C)	27
Presión Barométrica mm de Hg	683.5
CONTAMINANTE	NORMA
• Partículas suspendidas totales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 89.3 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Promedio geométrico</li> <li>• 357.3 <math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math> Máximo una vez por año</li> </ul>

El Decreto 948 de 1995 en el Artículo 10, establece los niveles de prevención, alerta y emergencia por contaminación del aire, estos son declarados ante la presencia de un episodio que por su tiempo de exposición y el índice de concentración de contaminantes, quede inserto en el rango de los valores establecidos para el respectivo nivel que declara. Los niveles son los siguientes :

**Nivel de prevención.** Se declarará cuando la concentración promedio anual de contaminantes en el aire sea igual o superior al máximo permisible por la norma de calidad, en un tiempo de exposición con una recurrencia tales, que se haga necesaria una acción preventiva.

**Nivel de alerta.** Se declarará cuando una concentración diaria de contaminantes sea igual o exceda la norma de calidad diaria, en un tiempo de exposición tal que constituya, en su estado preliminar, una amenaza para la salud humana o el medio ambiente.

**Nivel de emergencia.** Se declarará cuando una concentración de contaminantes por hora sea igual o exceda a la norma de calidad horaria, en un tiempo de



exposición tal que presente una peligrosa e inminente amenaza para la salud humana o el medio ambiente.

### 5.7.1 Indicador de calidad ambiental I.C.A.

Adicional a los rangos establecidos por el Decreto 948/1995 se implementa un calificador ICA (Indicador de calidad ambiental) aplicado en países como México y Chile, el cual permite comparar la concentración promedio del sitio con un rango establecido. El ICA nos permite valorar la situación medioambiental de la concentración de contaminantes cuantitativa y cualitativamente.

Ver Tabla 20 Indicador de Calidad Ambiental.

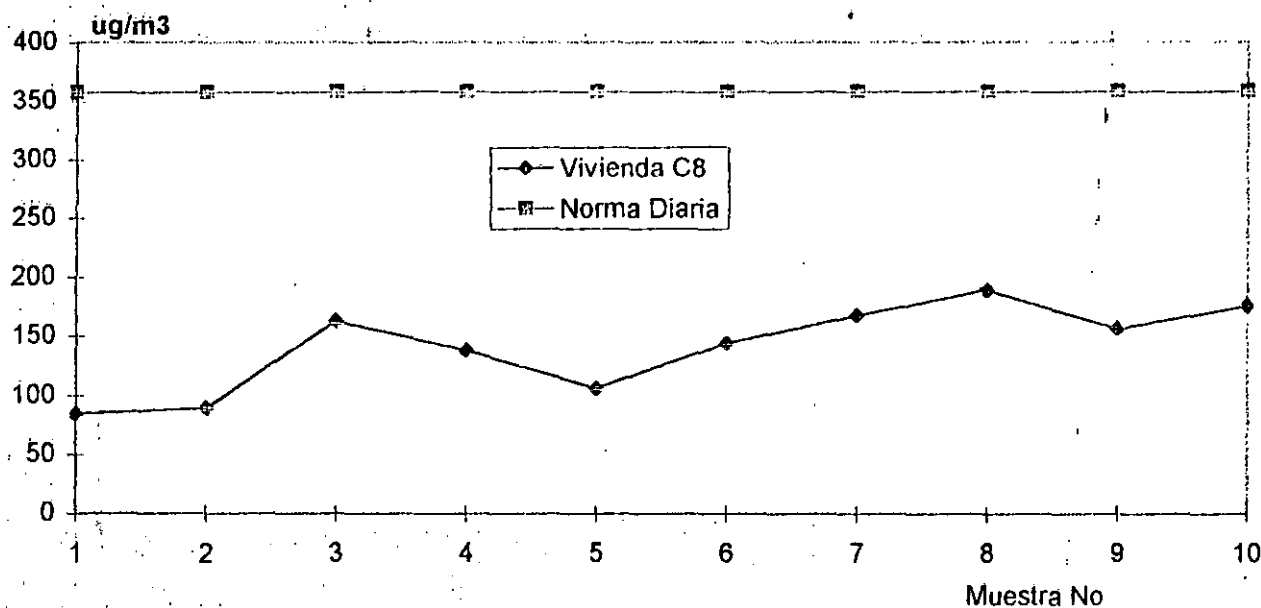
Tabla No 20 INDICADOR DE CALIDAD AMBIENTAL (ICA)

Contaminante	Norma Promedio Anual	ICA				
		Intervalo de Valoración ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				
		Bueno	Regular	Malo	Crítico	Peligroso
• Partículas suspendidas totales (PST)	• 89.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	(0-89.3)	(90.3-178.6)	(179.6-267.9)	(268.9-357.2)	(358.2-446.5)

### 5.7.2 Análisis de resultados

Los resultados de las mediciones en el sitio seleccionado (estación vivienda carrera 11G No 32-44) presentan un intervalo de registros diarios de concentración de partículas suspendidas totales (PST) entre 188.97 y 84.133  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  concentraciones que no superan la norma diaria de 357.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , el valor promedio geométrico es de 136.2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  registro que se encuentra un 52.5 % por encima de la norma promedio anual (89.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La interpretación estadística, Prueba Z, determina que la probabilidad de superar la norma diaria es nula. Ver grafica No 9 concentración diaria de partículas versus norma.

GRAFICA NO 9. CONCENTRACIÓN DIARIA DE PST VIVIENDA COMUNA 8 VERSUS NORMA DIARIA (UG/M<sup>3</sup>)



### 5.7.3 Calificación Ambiental

Analizando los resultados de concentración de material particulado PST durante el periodo de Febrero del 2000 se concluye lo siguiente :

Ambientalmente la concentración promedio geométrico de partículas suspendidas totales (PST), en los alrededores de la comuna No 8 se encuentran en un intervalo de calificación ICA de "Regular" © .

**ANEXO No. 1**

**INFORMES INDIVIDUALES EVALUACIONES ATMOSFERICAS INDUSTRIAS  
COMUNA No. 8.**

- ◆ GASEOSAS LUX S.A..
- ◆ GASEOSAS POSTOBON S.A.
- ◆ SANOFI WINTROP DE COLOMBIA S.A.
- ◆ LLOREDA GRASAS.
- ◆ ANDINA DE CARTONES ESPECIALES.
- ◆ PROCESADORA AVÍCOLA DEL VALLE.
- ◆ CARNES FRIAS ENRIKO.
- ◆ PRODUCTOS CALIMA LTDA.
- ◆ CARNES PROCESADAS FRIZZ
- ◆ URIBES LTDA
- ◆ CENTRO DE ZOONOSIS.
- ◆ PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO.
- ◆ CALIASFALTOS EIC.
- ◆ BAVARIA S.A.
- ◆ CARTONES DE OCCIDENTE
- ◆ CONFITES BOMBOLINA.

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**GASEOSAS LUX S.A.**  
**Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

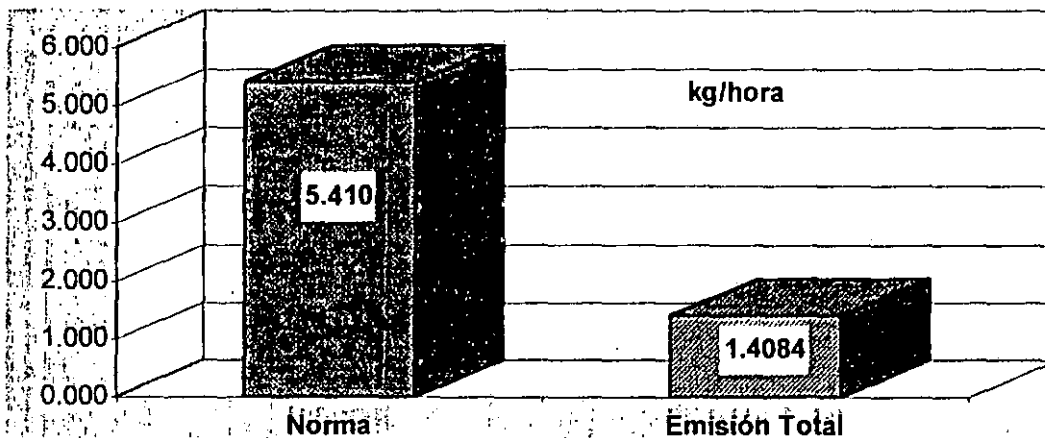
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera, de la empresa GASEOSAS LUX S.A. la cual utiliza como combustible CRUDO DE CASTILLA.

El trabajo de campo se realizó el día 04 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 1.40835 Kg/h. La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 5.41 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa **GASEOSAS LUX S.A.**, posee una altura de 15.0 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : GASEOSAS LUX S.A.

Dirección : Calle 30 No. 8-24 - Cali

Teléfono : (092) 442 42 52

Fuente : Caldera (1) - Combustible CRUDO DE CASTILLA.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 15.0 m.

Diámetro : 0.46 m.

Area salida: 1.789 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 8.90 m.

Distancia B: 1.96 m.

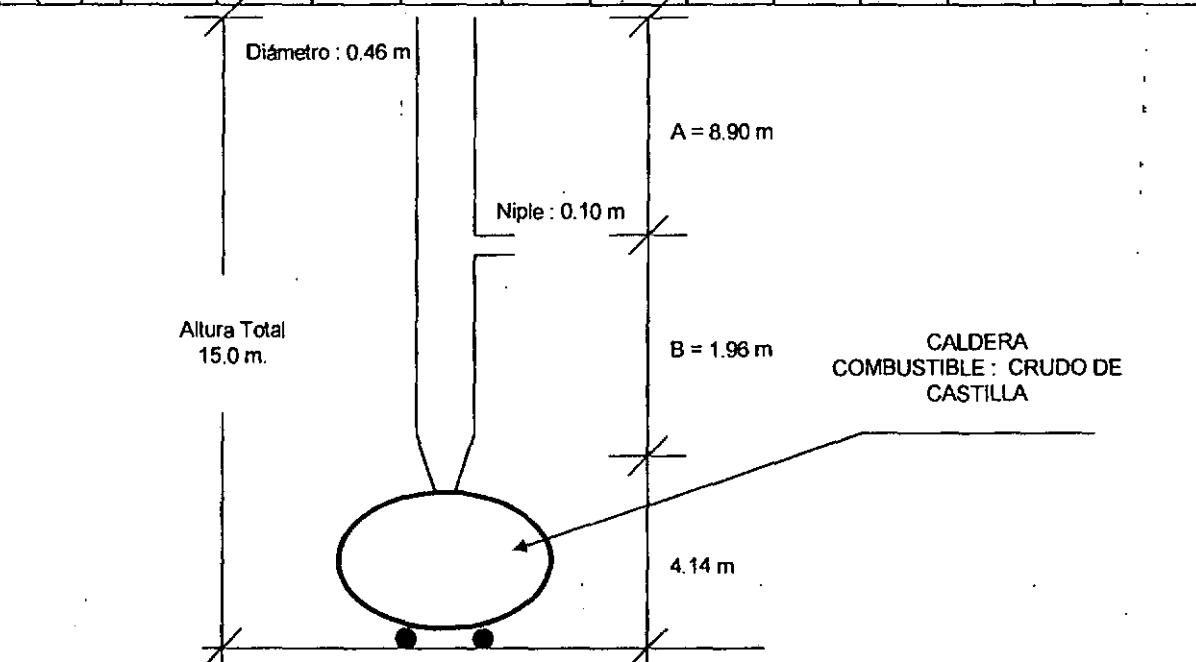
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 19.35

B/Diámetro : 4.26

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	12	16.7	23.6	42.4	49.3	54						
	<1"					<1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 12.1

%CO: 0.0027

%O<sub>2</sub>: 9.2

Bws (%): 5.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 534

Cp : 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 321 Pwc:0.846

CNO<sub>x</sub> (ppm): 184

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	200	254	293	308							263.75 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01							0.01
Δp	0.02	0.03	0.03	0.03							0.0271

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$ $T_s = 263.75 + 460$ $T_s = 723.75^\circ R$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$ $P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$ $P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$ $P_m = 26.53 + 1 / 13.6$ $P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (12.1 + 0.0027 + 9.2) = 78.697$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 12.1 \times 0.44 + 0.0027 \times 0.28 + 9.2 \times 0.32 + 78.697 \times 0.28 = 30.304 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 30.304 \times (1 - 5 / 100) + 0.18 \times 5 = 29.689 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s) / (M_s \times P_s))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times (0.0271 \times 723.75 / (29.689 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 664.63 \text{ ft/min}$		
$A_{n1} = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$A_{n1} = 0.5 / ((664.63 \times 534 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (723.75 \times 26.6)) = 0.001063 \text{ ft}^2$		
$A_{n2} = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$A_{n2} = 2.0 / ((664.63 \times 534 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (723.75 \times 26.6)) = 0.004253 \text{ ft}^2$		
<b>BOQUILLA SELECCIONADA</b>		
(X) No. 1, $\phi = (1/2)''$ , $A_n = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)''$ , $A_n = 0.0007669 \text{ ft}^2$	
( ) No. 2, $\phi = (5/16)''$ , $A_n = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)''$ , $A_n = 0.001043 \text{ ft}^2$	
( ) No. 3, $\phi = (1/4)''$ , $A_n = 0.000340 \text{ ft}^2$		

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((723.75 / 29.689 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 67.28 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = A_n \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 0.001363 (534 / 723.75) \times (26.53 / (26.6 - 0.8462)) \times (1 - (5 / 100)) \times 60 \times 67.28 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 4.0217 (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.005	0.010	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10
$Q_m$	0.2844	0.4022	0.5687	0.6966	0.8043	0.8992	0.9851	1.064	1.1375	1.2065	1.2718
$\Delta H$	0.21	0.42	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52	2.94	3.37	3.79	4.21

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 150.7304$	$m_n(g) = 1.0431$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.078$
$T_s(^{\circ}R) = 907.50$	$T_m(R) = 554.938$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 4.00$	$\theta(\text{min.}) = 64$
$A_s(\text{ft}^2) = 1.789$	$V_m(\text{ft}^3) = 57.712$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.82	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	52.67	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	7.10	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	53.572	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	11.87	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2 + \%CO)$	30.30	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left(1 - \frac{(Bws)}{100}\right) + (0.18 \times Bws)$	28.84	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	21.40	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vsxAsx60$	2297.41	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	1185.26	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mxy}}{T_m} \right) \right)}{60 \times q \times P_{sxv} \times An}$	103.47	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	59.77	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} \times 29.92}{P_{sx} \times 528}$	115.85	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.019471789	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.00900036	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	1.40835	kg/h



### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

#### Producción diaria :

Colombiana Botella:  $2404 \text{ cajas} * 30 \text{ botellas/caja} * 192 \text{ ml/botella} * \text{L}/1000 \text{ ml} *$   
 $1.091 \text{ Kg/L} * \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg} = 15.107 \text{ Toneladas día}$

Manzana Botella :  $1464 \text{ cajas} * 30 \text{ botellas/caja} * 192 \text{ ml/botella} * \text{L}/1000 \text{ ml} *$   
 $1.145 \text{ Kg/L} * \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg} = 9.655 \text{ Toneladas día}$

Uva Botella :  $1469 \text{ cajas} * 30 \text{ botellas/caja} * 192 \text{ ml/botella} * \text{L}/1000 \text{ ml} *$   
 $1.145 \text{ Kg/L} * \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg} = 9.688 \text{ Toneladas día}$

Dispensadores :  $166 \text{ unidades} * 19\text{L}/\text{unidad} * 0.6864 \text{ Kg/L} * \text{Tonelada}/1000\text{Kg}$   
 $= 2.164 \text{ Toneladas/día}$

Trenes (jarabe - gas - agua) :  $32 \text{ unidades} * 19\text{L}/\text{unidad} * 0.6864 \text{ Kg/L} * \text{tonelada}/1000 \text{ L}$   
 $= 0.417 \text{ ton/día}$

Producción Total: **37.031 toneladas/día**

Jornada laboral: **24 horas**

Producción horaria:  $37.031/24 = 1.54 \text{ ton/Hora}$

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 1.543 $E = 4.0 \times P^{0.875} \quad 1 \leq P < 10.0$	5.84 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 5.84 \text{ Kg/H}$	5.41 Kg./H
Artículos 74, 75	$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	5.41 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 5.41 Kg./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa GASEOSAS LUX S.A., es de 5.41 Kg./H, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 1.4085 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

#### Emisión vs Norma

1.4085 kilos/h <<< 5.41 kilos/h

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa GASEOSAS LUX S.A., posee una chimenea con una altura de 15 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha: Mayo - 4 - 99		Empresa: Basecas Lux	
Representante de la empresa: Sonia María Buenaño			
Representante de la comunidad:			
Representante de la empresa consultora: Wilson N. Grajales			
Hora Inicial: 8:75		Hora Final: 10:00	
DATOS DE CAMPO			
Altura de chimenea (m)	15	Diámetro interno (cm)	46
Diámetro boquilla (pulg)	1/2	Área boquilla (Pulg)	0.001363
Distancia B (m)	1.96 $A_0 = 4.26$	Número de puntos	12
Presión barométrica	26.53	Temperatura ambiente	74°F → 23°C
Chimenea procedente de:	Caldera X	Horno	Otro Niplu: 10cm
Combustible empleado	Crudo de Castilla		
Consumo			
Poder Calórico	102.000 Btu/bbl		
Puntos	1	2	3
% diámetro	4.4	14.6	21.6
Distancia (X)	12.4	16.7	23.6
Factor de corrección de S - Pitot (Cp)	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200		
Volumen Final del agua (mL) (B)	340		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	140		
Peso inicial de silica gel (g) (C)	193.6028		
Peso final de silica gel (g) (D)	204.3332		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	204.3332 - 193.6028 = 10.7304		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	150.7304		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.5019		
Peso final del papel filtro (g) (H)	1.5246		
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	1.0227		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40ml		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5852		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.6058		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.0206		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	1.0433		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	1.0431		

X → puntos menores a una pulgada

Producción → Botella 533+ agua de 3 botella de 177 ml  $\rho =$   
 tanque de dispensador 166 ml (5 Gl) 19 Lt  
 32 de tranes (Tarabe - Gas - Ayumi) →  
 dilución 1:5 → 1:5

## DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA

% CO <sub>2</sub> 12.1	% CO 0.0027	% O <sub>2</sub> 9.2
% N <sub>2</sub> 78.6993	SO <sub>2</sub> (ppm) 321	NO <sub>x</sub> (ppm) 184
Ts = Tm + 460 (°R) 723.75	Tm = Tm + 460 534	Ps = Pbar + Pg/13.6 26.53
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6	W 5%	Ms 29.6888

## DATOS MUESTREO PRELIMINAR

PWC: 0.8462

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	200	254	293	308					263.71
Tm'	74	74	74	74					74
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01					0.01
Δp	0.02	0.03	0.03	0.03					0.0291

Qm: 4.0217

Vs

Boquilla a emplear 1/2"

## DATOS DURANTE EL MUESTREO

Volumen inicial (Pie<sup>3</sup>) 633.727Volumen Final (Pie<sup>3</sup>) 691.439

Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O
1	0.03	0.01	237	77	74	535.5	1.26
2	0.03	0.01	305	86	76	541	1.26
3	0.04	0.01	321	94	78	546	1.68
4	0.14	0.01	589	113	87	560	15.89
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1	0.14	0.01	569	118	86	562	5.89
2	0.13	0.01	544	121	86	563.5	5.47
3	0.13	0.01	533	124	87	566.5	5.47
4	0.12	0.01	482	120	90	563	5.05
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
Promedio	0.0784	0.01	907.5			554.9375	3.99625

$$A_1 = 0.001063$$

$$A_2 = 0.004253$$

$$Bq - 1/2 : 0.001363 \rightarrow Qm = 4.0217 \sqrt{OP}$$

1% 104.5

62

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Gaseosar Lux</u>		Fecha: <u>Abril 5-1995</u>			
Nit: _____		Dirección: <u>Calle 30 # 8-24</u>			
Barrio: <u>Industrial</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4422304</u>			
Descripción del Proceso productivo					
<u>Elaboración de gaseosar</u>					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>caldera</u>	<u>Particulas - Gases</u>	<u>crudo</u>	<u>8hr/dia</u>		
Observaciones <u>El inicio fue con propino</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>± 15m</u>	<u>8.9</u>	<u>1.96</u>	<u>48 cm</u> <u>P=150m</u>	<u>± 10</u>	<u>Si</u>
Observaciones: <u>Sonia Ma Bueno</u>					

Ext 183

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha sido delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención por intermedio de la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA según contrato SCA - CON - 166 -98 y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de:

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA.

Wilson Grajales Firma y cc 10.477.935 B/MRS C.

La empresa monitoreada GASEOSAS LUX S.A.

Señor María Bueno Firma y cc 31.162.737.

La autoridad ambiental.

Firma y cc

La comunidad

Firma y cc

Se presentaron el día 04 - Mayo de 1999, en las instalaciones de la empresa Gaseosas Lux con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la caldera actividad que fue iniciada a las 06:30 horas y culminada a las 10.00

Observaciones adicionales. La visita y el muestreo se realizó sin ningún problema

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS  
GASEOSAS POSTOBON S.A.  
Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</b>	<b>3</b>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<b>4. TABLAS DE CAMPO</b>	<b>8</b>



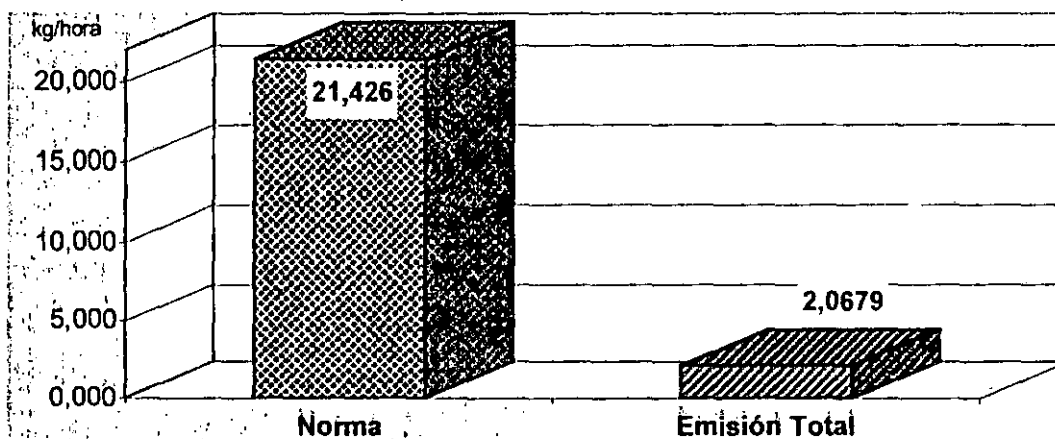
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera de la empresa **GASEOSAS POSTOBON S.A.** la cual utiliza como combustible CRUDO DE CASTILLA.

El trabajo de campo se realizó el día 04 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 2.07 Kg/h. La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 21.4 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

Figura 1.1  
Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma



La chimenea de la Caldera de la empresa **GASEOSAS POSTOBON S.A.**, posee una altura de 15.32 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 17.43 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : GASEOSAS POSTOBON S.A.

Dirección : Carrera 8 No. 27 - 102 - Cali

Teléfono : (092) 442 23 04

Fuente : Caldera - Combustible CRUDO DE CASTILLA.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 15.32m.

Diámetro : 0.57 m.

Area salida: 2.747 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 7.5 m.

Distancia B: 4.37 m.

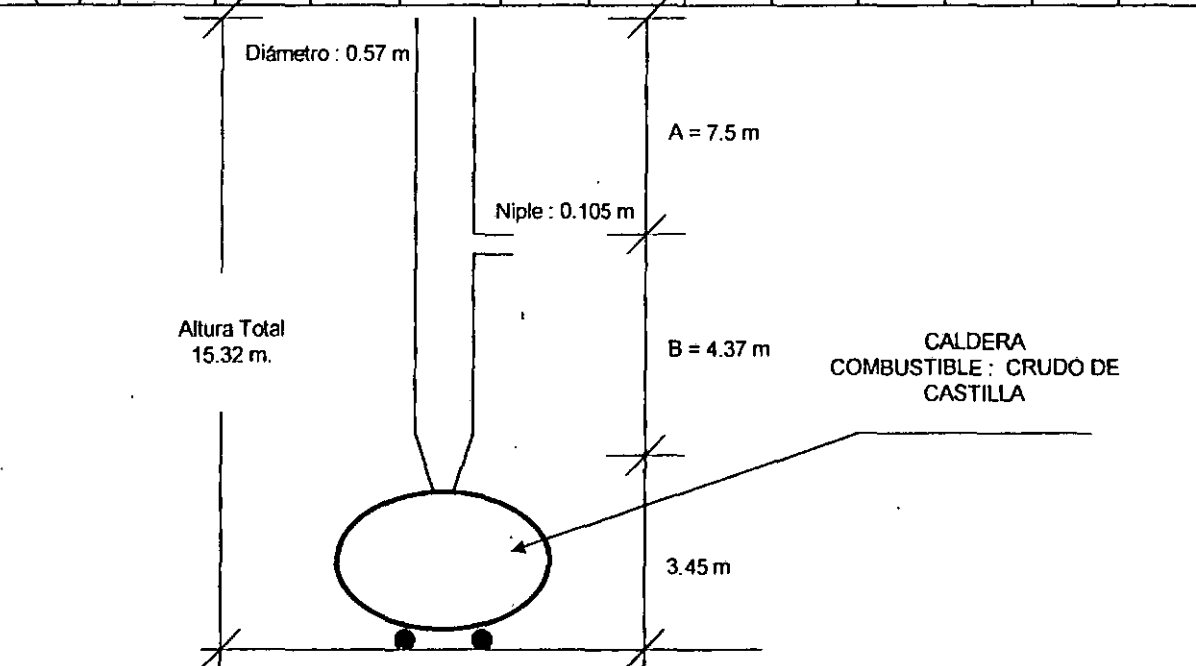
Longitud niple: 0.105 m.

A/Diámetro : 13.16

B/Diámetro : 7.67

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	13	18.8	27.4	50.6	59.2	65						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 9.2

%CO: 0.004

%O<sub>2</sub>: 9.3

Bws (%): 5.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 543

Cp : 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 432 Pwc: 1.138

CNO<sub>x</sub> (ppm): 296

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	174	217	262	313	324	336					271 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					0.01
Δp	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08					0.08

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 271 + 450$	$P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$	$P_m = 26.53 + 1 / 13.6$
$T_s = 731^\circ R$	$P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.60 \text{ in Hg}$

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (9.2 + 0.004 + 9.3) = 81.496$$

$$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$$

$$M_d = 9.2 \times 0.44 + 0.004 \times 0.28 + 9.3 \times 0.32 + 81.496 \times 0.28 = 29.844 \text{ g/g mol}$$

$$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$$

$$M_s = 29.844 \times (1 - 5 / 100) + 0.18 \times 5 = 29.252 \text{ g/g-mol}$$

$$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$$

$$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((0.08 \times 731 / (29.252 \times 26.53)))^{0.5} \times 60 = 1156.01 \text{ ft/min}$$

$$A_{n1} = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n1} = 0.5 / ((1156.01 \times 543 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (731 \times 26.6)) = 0.000607 \text{ ft}^2$$

$$A_{n2} = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n2} = 2.0 / ((1156.01 \times 543 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (731 \times 26.6)) = 0.002428 \text{ ft}^2$$

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $A_n = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $A_n = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $A_n = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $A_n = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $A_n = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$$

$$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((731 / 29.252 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 68.12 (\Delta p)^{0.5}$$

$$Q_m = A_n \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$$

$$Q_m = 0.001043 (543 / 731) \times (26.53 / (26.6 - 1.138)) \times (1 - (5 / 100)) \times 60 \times 68.12 (\Delta p)^{0.5}$$

$$Q_m = 3.173 \times (\Delta p)^{0.5}$$

$\Delta p$	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13
$Q_m$	0.5496	0.6346	0.7095	0.7772	0.8395	0.8974	0.9519	1.0034	1.0524	1.0991	1.144
$\Delta H$	0.78	1.05	1.31	1.57	1.83	2.09	2.36	2.62	2.88	3.14	3.40

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_L(\text{mL}) = 107.6711$	$m_n(\text{g}) = 0.7137$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.066$
$T_s(^{\circ}R) = 800.50$	$T_m(^{\circ}R) = 554.000$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 1.77$	$\theta(\text{min.}) = 60$
$A_s(\text{ft}^2) = 2.747$	$V_m(\text{ft}^3) = 40.812$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.66	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	37.08	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	5.07	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	37.717	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	12.02	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.84	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.42	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	18.58	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = v_{sx} A_{sx} 60$	3061.81	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times \left( \frac{T_{std}}{T_s} \right) \times \left( \frac{P_s}{P_{std}} \right)$	1790.76	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} v_{sx} A_n}$	103.37	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	42.15	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	72.07	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = $C_{REF}$	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0189236	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.0099025	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	2.06791	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

#### Producción diaria :

$11.000 \text{ cajas} \times 30 \text{ botellas/caja} \times 350 \text{ ml/botella} \times \text{L}/1000 \text{ ml} \times 1.1454 \text{ Kg/L} \times \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg}$   
**= 132.2937 Toneladas día**

$2700 \text{ cajas} \times 12 \text{ botellas/caja} \times 1000 \text{ ml/botella} \times \text{L}/1000 \text{ ml} \times 1.1454 \text{ Kg/L} \times \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg}$   
**= 37.11096 Toneladas día**

$489 \text{ cajas} \times 8 \text{ botellas/caja} \times 2000 \text{ ml/botella} \times \text{L}/1000 \text{ ml} \times 1.1454 \text{ Kg/L} \times \text{Tonelada}/1000 \text{ Kg}$   
**= 8.9616 Toneladas día**

**Producción Total : 178.36626 toneladas/día**

**Jornada laboral : 24 horas**

**Producción horaria :  $178.36626/24 = 7.4319 \text{ ton/Hora}$**

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 7.4319 $E = 4 \times P^{0.875} \quad 1.0 \leq P < 10.0$	23.1352 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 23.1352 \text{ Kg./H}$	21.4255 Kg./H
Artículos 74, 75	$E' = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	21.4255 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 21.4 Kg./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa GASEOSAS POSTOBON S.A., es de 21.4 Kg./h, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 2.07 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

$$\begin{array}{c} \text{Emisión vs Norma} \\ \underline{2.07 \text{ Kg./h} \ll 21.4 \text{ Kg./h}} \end{array}$$

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa GASEOSAS POSTOBON S.A., posee una altura de 15.32 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 17.43 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de  
25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : 03- May - 99	Empresa : Gaseosas Postobon
Representante de la empresa : Juez Monino Medina Valle	Ext 118 4422304
Representante de la comunidad :	
Representante de la empresa consultora : U.G.	
Hora Inicial : 10:45	Hora Final : 12:20
<b>DATOS DE CAMPO</b>	
Altura de chimenea (m) 15.32	Diámetro Interno (cm) 57
Diámetro boquilla (pulg) 7/16	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) 0.001043
Distancia B (m) 4.37 $\frac{B}{A} = 7.67$	Distancia A (m) 7.5 $\frac{A}{B} = 13.16$
Presión barométrica 26.53	Número de puntos 12
Temperatura ambiente 27	Timeo/Punto 5
Chimenea procedente de :	Caldera X
Combustible empleado	Horno
Consumo	Olro
Poder Calórico	crudo de Castilla
Puntos	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
% diámetro	4.4 14.6 29.6 70.4 85.4 95.6
Distancia (X)	13 18.8 27.4 50.6 59.2 65
Factor de corrección de S - Pitot (Cp <sub>s</sub> ) 0.821	
Volumen Inicial del agua (mL) (A)	200
Volumen Final del agua (mL) (B)	301
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	101
Peso inicial de silica gel (g) (C)	194.2735
Peso final de silica gel (g) (D)	200.9446
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	6.6711
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	107.6711
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.5062
Peso final del papel filtro (g) (H)	1.0962
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	0.5900
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40 ml
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5852
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.7091
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.1239
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	0.1239 + 0.5900 = 0.7139
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002
Peso neto de partículas (g) (S-P)	0.7137

Producción → 11.000 cya 350 cc 130 ud

densidad : 2.700 " 1 litro 12 ud

Crudo de Castilla

poder calorífico - 18500 BTU/lb

Conjuno

5216 cya / mca



DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO <sub>2</sub>	9.2			% CO	0.0040			% O <sub>2</sub>	9.3 N. 81.4
% N <sub>2</sub>	81.496			SO <sub>2</sub> (ppm)	432			NO <sub>x</sub> (ppm)	296
Ts = T'm + 460 (°R)	731			Tm = T'm + 460	543			Ps = Pbar + Pg/13.6	26.53
Pm = Pbar + ΔH/13.6	26.6			W	5%			Ms	29.2518
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
	PWR = 1.1380								
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	174	217	262	313	324	336			271
Tm'	83	83	83	83	83	83			83
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
Δp	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08			0.08
Qm:	3.173			Vs			Boquilla a emplear		
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> )					Volumen Final (Pie <sup>3</sup> )				
553.095					593.907				
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.09	0.01	207	87	84	545.5	2.36		
2	0.08	0.01	299	91	85	548	2.09		
3	0.07	0.01	357	96	87	551.5	1.83		
4	0.07	0.01	361	102	88	555	1.83		
5	0.08	0.01	371	107	90	558.5	2.09		
6	0.08	0.01	370	108	92	560	2.09		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.05	0.01	438	95	90	552.5	1.31		
2	0.06	0.01	414	96	90	553	1.57		
3	0.06	0.01	437	103	92	557.5	1.57		
4	0.07	0.01	381	107	93	560	1.83		
5	0.04	0.01	229	95	92	553.5	1.05		
6	0.06	0.01	222	95	91	553	1.57		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.0660	0.01	800.5			554	1.7658		

$$A_1 = 0.0006070$$

$$A_2 = 0.002428$$

$$Boq = 7/16 \rightarrow H = 0.001043 \rightarrow Q_m = 3.173 \sqrt{\Delta P}$$

74.

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Gasosun Postobon S.A</u>		Fecha: <u>Abril - 5 / 99</u>			
Nit: <u>890 903 93 95</u>		Dirección: <u>Calle 28 # 8-40</u>			
Barrio: <u>Industrial</u>	Comuna: <u>B</u>	Teléfono: <u>442 4252</u> <u>442 2369</u>			
Descripción del Proceso productivo					
<u>Producción - elaboración de gasosun</u>					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>caldera</u>	<u>Particular</u>	<u>Full oil</u>	<u>10 Hrs / día</u>		
<u>Observaciones</u> <u>Encendido con gas</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>15 m</u>	<u>8. m</u>	<u>4.0 m</u>	<u>60 cm</u> <u>P= 1.86 m</u>	<u>12-15</u>	<u>Si</u>
<u>Observaciones:</u> <u>110 ppi</u>					

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson Grijales

[Firma] Firma y cc 10411 935 B/Airs c.

La empresa monitoreada Portobon, Luz Hernan

Hernandez V. Firma y cc 31'292.576 Cali

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 03. Mayo de 1999, en las instalaciones de la empresa Gaseosa Portobon con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la caldera actividad que fue iniciada a las 10:45 horas y culminada a las 12:20

Observaciones adicionales. No hubo ninguna dificultad para el ingreso y brindaron colaboración para realizarlo.

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.**  
**Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

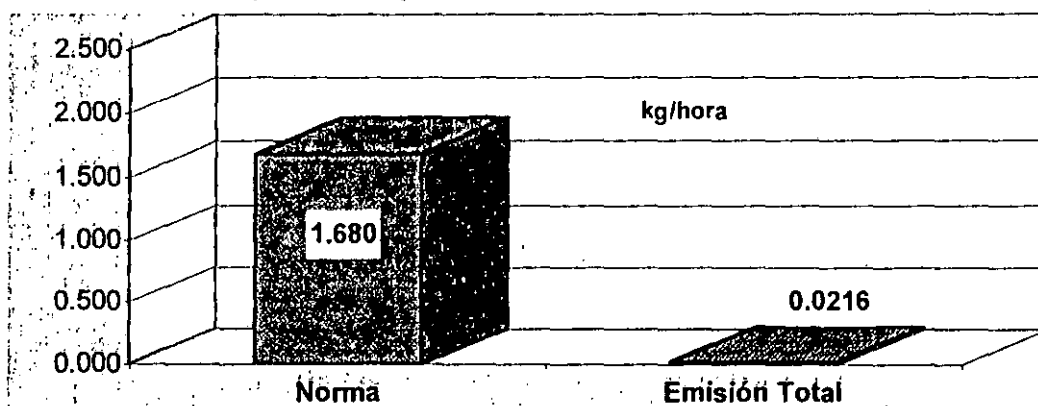
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera Distral de la empresa **SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.** la cual utiliza como combustible A.C.P.M. y tiene una capacidad de 150 psi.

El trabajo de campo se realizó el día 10 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 0.02162 Kg/h, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 1.68 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa **SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.**, posee una altura de 19.4 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL MUESTREO

Empresa : SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.

Dirección : Calle 31 No. 8A-26 - Cali

Teléfono : (092) 431 00 37

Fuente : Caldera Distral (50 BHP - 150 psi) - Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 19.4m.

Diámetro : 0.254 m.

Area salida: 0.545 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 14.4 m.

Distancia B: 3.16 m.

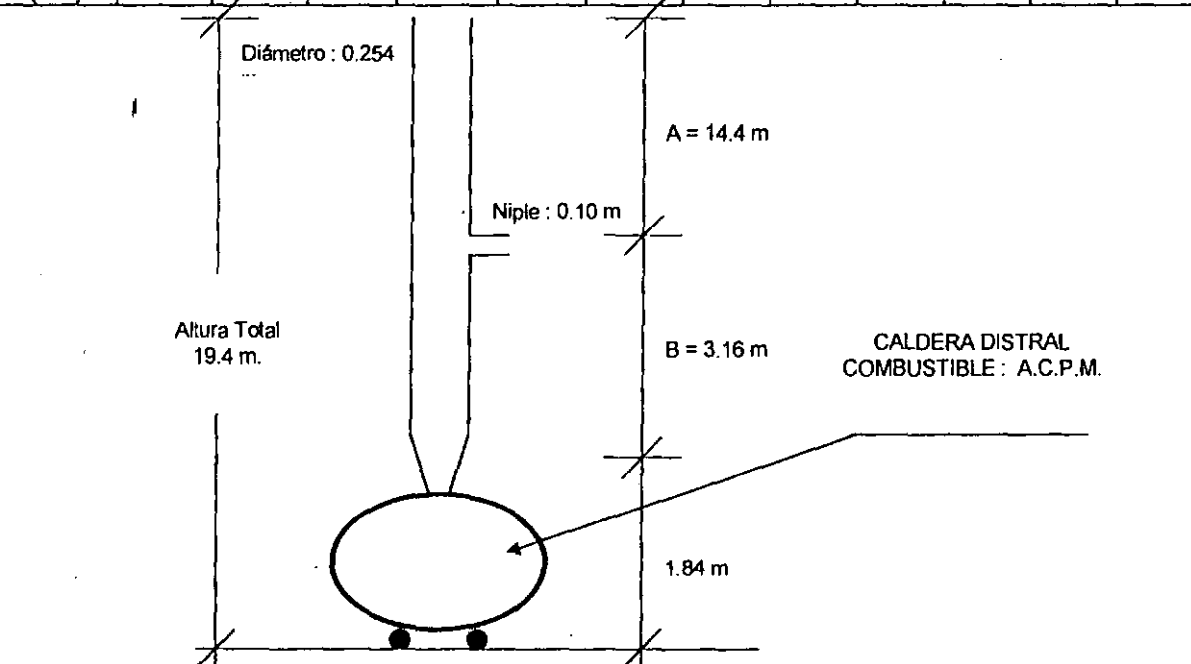
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 56.69

B/Diámetro : 12.4

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	11.17 <1"	13.71	17.52	27.9	31.7	34.6 <1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 12.2  
%CO: 0.0042  
%O<sub>2</sub>: 5.2

Bws (%): 5.0  
Pbar (in Hg): 26.53  
Tm (R): 541

Cp : 0.821 Y: 1.07  
CSO<sub>2</sub> (ppm): 1.3 Pwc: 1.066  
CNO<sub>x</sub> (ppm): 6.8

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	590	560	630	460							560 °F
Pg	0.10	0.10	0.10	0.10							0.10
Δp	0.15	0.17	0.16	0.18							0.1646

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$ $T_s = 560 + 460$ $T_s = 1020^\circ R$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$ $P_s = 26.53 + 0.10 / 13.6$ $P_s = 26.54 \text{ in Hg}$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$ $P_m = 26.53 + 1 / 13.6$ $P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (12.2 + 0.0042 + 5.2) = 82.596$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 12.2 \times 0.44 + 0.0042 \times 0.28 + 5.2 \times 0.32 + 82.596 \times 0.28 = 30.16 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 30.16 \times (1 - 5 / 100) + 0.18 \times 5 = 29.552 \text{ g/g-mol}$		
$vs = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$vs = 85.49 \times 0.821 \times (0.1646 \times 1020 / (29.552 \times 26.54))^{0.5} \times 60 = 1948.63 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.5 / ((1948.63 \times 541 \times 26.54 \times (1 - 5 / 100)) / (1020 \times 26.6)) = 0.000504 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 2.0 / ((1948.63 \times 541 \times 26.54 \times (1 - 5 / 100)) / (1020 \times 26.6)) = 0.00201 \text{ ft}^2$		
<b>BOQUILLA SELECCIONADA</b>		
( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$	
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$	
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$		

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$vs = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$vs = 85.49 \times 0.821 \times ((1020 / 29.552 \times 26.54)) \times (\Delta p)^{0.5} = 80.05 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times vs$											
$Q_m = 0.001043 (541 / 1020) \times (26.54 / (26.6 - 1.066)) \times (1 - (5 / 100)) \times 60 \times 80.05 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 2.655 (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22
$Q_m$	0.9197	0.9573	0.9934	1.0283	1.0620	1.0947	1.1264	1.1573	1.1873	1.2167	1.2453
$\Delta H$	2.20	2.38	2.57	2.75	2.93	3.12	3.30	3.48	3.67	3.85	4.03

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(\text{mL}) = 118.5461$	$m_n(\text{g}) = 0.0412$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.10$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.157$
$T_s(^{\circ}R) = 1135.125$	$T_m(R) = 557.125$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 2.88$	$\theta(\text{min.}) = 64$
$As(\text{ft}^2) = 0.545$	$V_m(\text{ft}^3) = 57.584$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.74	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	52.19	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	5.58	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(std)} \times 537 / 528$	53.081	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	9.66	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2 + \%CO)$	30.16	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left(1 - \frac{(Bws)}{100}\right) + (0.18 \times Bws)$	28.99	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	33.81	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Qs(A)$	$Qs(A) = vsxAsx60$	1106.28	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Qs(std)$	$Qs(std) = Qs(A) \times (Tstd / Ts) \times (Ps / Pstd)$	456.41	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times Tsx \left( K_3 \times Vlc + \left( \frac{PmxVmxY}{Tm} \right) \right)}{60 \times \phi \times PsxvsxAn}$	103.47	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $Vgh(std)$	$Vgh(std) = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	57.77	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $Vgh(A)$	$Vgh(A) = Vgh(std) \times \frac{Tsx29.92}{Psx528}$	140.03	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0007762	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $Cs(A)$	$Cs(A) = \left( m_n / Vgh(A) \right)$	0.0002942	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E(A)$ a condiciones de referencia	$E(A) = C_{REF} \times Qs(std) \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.02162	kg/h



### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.157 $E = 4.0 \times P^{0.425} \quad 0.10 \leq P < 1.0$	1.82 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 1.82 \text{ Kg./H}$	1.68 Kg./H
Artículos 74, 75	$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	1.68 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 1.68 Kg./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa **SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.**, es de 1.68 Kg./H, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 0.02162 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión vs Norma**  
**0.02162 Kg/h <<< 1.68 kilos/h**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa **SANOFI WINTHROP DE COLOMBIA S.A.**, posee una altura de 19.4 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de  
25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha: <i>May - 10 - 99</i>	Empresa: <i>Sanofi Winthrop de Col S.A.</i>												
Representante de la empresa: <i>C. DRYAN</i>													
Representante de la comunidad: <i>Felix Cortez</i>													
Representante de la empresa consultora: <i>Wilson Brujula</i>													
Hora inicial: <i>10:35</i>	Hora Final: <i>13:20</i>												
<b>DATOS DE CAMPO</b>													
Altura de chimenea (m) <i>19.0</i>	Diámetro interno (cm) <i>25.4</i>	Área transversa (Pie <sup>2</sup> ) <i>0.5454</i>											
Diámetro boquilla (pulg) <i>7/16</i>	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) <i>0.001043</i>	Distancia A (m) <i>14.4</i> $\frac{A}{D} = 56.69$											
Distancia B (m) <i>3.16</i> $\frac{B}{D} = 12.4$	Número de puntos <i>12</i>	Tiempo/Punto <i>B</i>											
Presión barométrica <i>26.63</i>	Temperatura ambiente <i>28°C</i>												
Chimenea procedente de:	Caldera <i>X</i>	Horno											
Combustible empleado	Ciro <i>Niple = 10cm</i>												
Consumo:	<i>4.352/H</i>												
Poder Calórico	<i>15000 Btu/Gal</i>												
Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
% diámetro	<i>4.4</i>	<i>14.6</i>	<i>29.6</i>	<i>70.4</i>	<i>85.4</i>	<i>95.6</i>							
Distancia (X)	<i>11.17</i>	<i>13.71</i>	<i>17.52</i>	<i>27.9</i>	<i>31.7</i>	<i>34.6</i>							
Factor de corrección de S - Pitot (Cp <sub>s</sub> )	<i>0.821</i>												
Volumen inicial del agua (mL) (A)	<i>700.0</i>												
Volumen Final del agua (mL) (B)	<i>310.0</i>												
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	<i>110.0</i>												
Peso inicial de silica gel (g) (C)	<i>194.6234</i>												
Peso final de silica gel (g) (D)	<i>203.1693</i>												
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	<i>8.5461</i>												
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	<i>118.5461</i>												
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	<i>0.5019</i>												
Peso final del papel filtro (g) (H)	<i>0.5235</i>												
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	<i>0.0216</i>												
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	<i>40. ml</i>												
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	<i>58.5852</i>												
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	<i>58.6050</i>												
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	<i>0.0198</i>												
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	<i>0.0414</i>												
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	<i>0.0002</i>												
Peso neto de partículas (g) (S-P)	<i>0.0412</i>												

\* Los puntos 1 y 12 se descartan porque son < 1"

## DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA

% CO <sub>2</sub> 12.2	% CO 0.0042	% O <sub>2</sub> 5.2
% N <sub>2</sub> 82.5958	SO <sub>2</sub> (ppm) 1.3	NO <sub>x</sub> (ppm) 6.8
Ts = Tm + 460 (°R) : 1020	Tm = Tm + 460 541	Ps = Pbar + Pg/13.6 26.52
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6	W : 5%	Ms : 29.552 MII : 30.16

## DATOS MUESTREO PRELIMINAR

pwc - 1.0660

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	590	560	630	460					560.0
Tm'	81	81	81	81					81
Pg	0.10	0.10	0.10	0.10					0.10
Δp	0.15	0.17	0.16	0.18					0.1646

Qm : 2.655 V<sup>AD</sup>

Vs

Boquilla a emplear

## DATOS DURANTE EL MUESTREO

Volumen inicial (Pie<sup>3</sup>) 895.228Volumen Final (Pie<sup>3</sup>) 952.812

Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O
1	0.14	0.10	680	89	83	546	2.53
2	0.16	0.10	682	102	90	556	2.93
3	0.17	0.10	690	107	90	558.5	3.12
4	0.16	0.10	648	104	90	557	2.93
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1	0.16	0.10	652	102	90	556	2.93
2	0.17	0.10	694	106	92	559	3.12
3	0.15	0.10	680	117	92	564.5	2.75
4	0.15	0.10	675	108	97	560	2.75
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
Promedio	0.1572	0.10	1135.125			557.13	2.8825

$$A_1 = 0.0005043$$

$$\% \Delta = 104.0$$

$$A_2 = 0.002017$$

$$B_{08} = 7/16 \rightarrow 0.001043 \rightarrow Q_m = 2.655 V^{AD}$$

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Sanofi winthrop</u>		Fecha: <u>Abril 15-1995</u>			
Nit: <u>800 244 387-7</u>		Dirección: <u>calle 31 # 8A-26</u>			
Barrio: <u>Mangas</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4310000</u>			
Descripción del Proceso productivo					
Laboratorio farmacéutico; produce droga para la salud.					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
Caldera	particula - gases	A.C.P.M	12 Hr/día		
Observaciones					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
15m			20.32cm 8 pulg		5'
Observaciones :					

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha sido delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención por intermedio de la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA según contrato SCA - CON - 166 - 98 y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de:

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson Grajales  
[Firma] Firma y cc 10 471 935 de B. Aires C.

La empresa monitoreada SANOFT  
C. PLYDN Firma y cc 16 624 098 Cali

La autoridad ambiental. [Firma]  
[Firma] Firma y cc [Firma]

La comunidad [Firma]  
[Firma] Firma y cc 5193247 Pauto

Se presentaron el día 10 de Mayo de 1999, en las instalaciones de la empresa Sanoft Winthrop de Colombia S.A. con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la Caldera actividad que fue iniciada a las 10:30 horas y culminada a las 13:20

Observaciones adicionales. El muestreo se realizó con la observación de dos delegados de la comuna 8

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**LLOREDA GRASAS S.A.**  
**Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

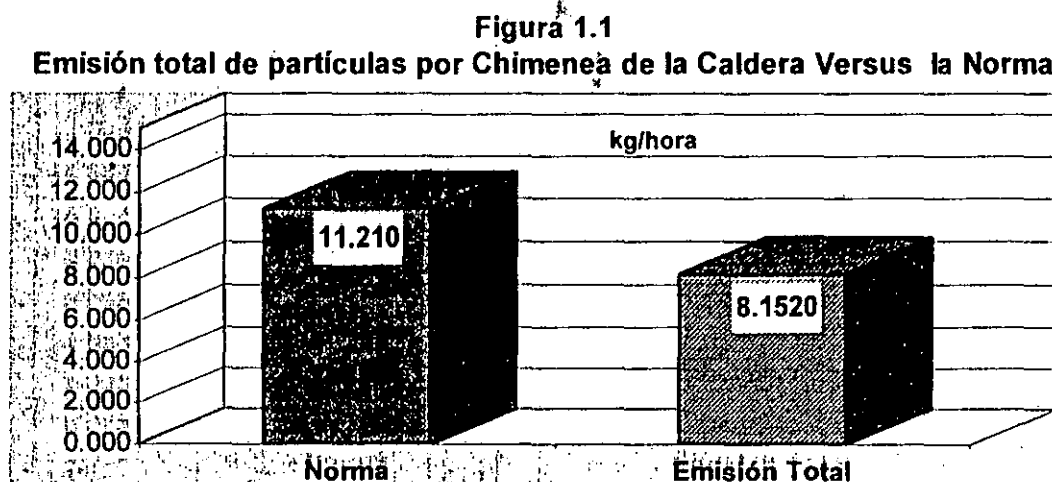


## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA., mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera Distral de la empresa LLOREDA GRASAS S.A. la cual utiliza como combustible crudo de Castilla, tiene una capacidad de 200 psi, presión de trabajo igual a 150 psi y una potencia de 500 BHP.

El trabajo de campo se realizó el día 11 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 8.152 Kg/h. La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 11.21 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.



La chimenea de la Caldera de la empresa LLOREDA GRASAS S.A., posee una altura de 15.5 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

90

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACIÓN BÁSICA DEL MUESTREO

Empresa : LLOREDA GRASAS S.A.

Dirección : Carrera 10 No. 32 - 19 - Cali

Teléfono : (092) 442-19-17

Fuente : Caldera Distral (500 BHP - 150 psi) - Combustible Crudo de Castilla.

### 2.2 LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 15.5 m.

Diámetro : 0.645 m.

Area salida: 3.517 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 7.0 m.

Distancia B: 4.80 m.

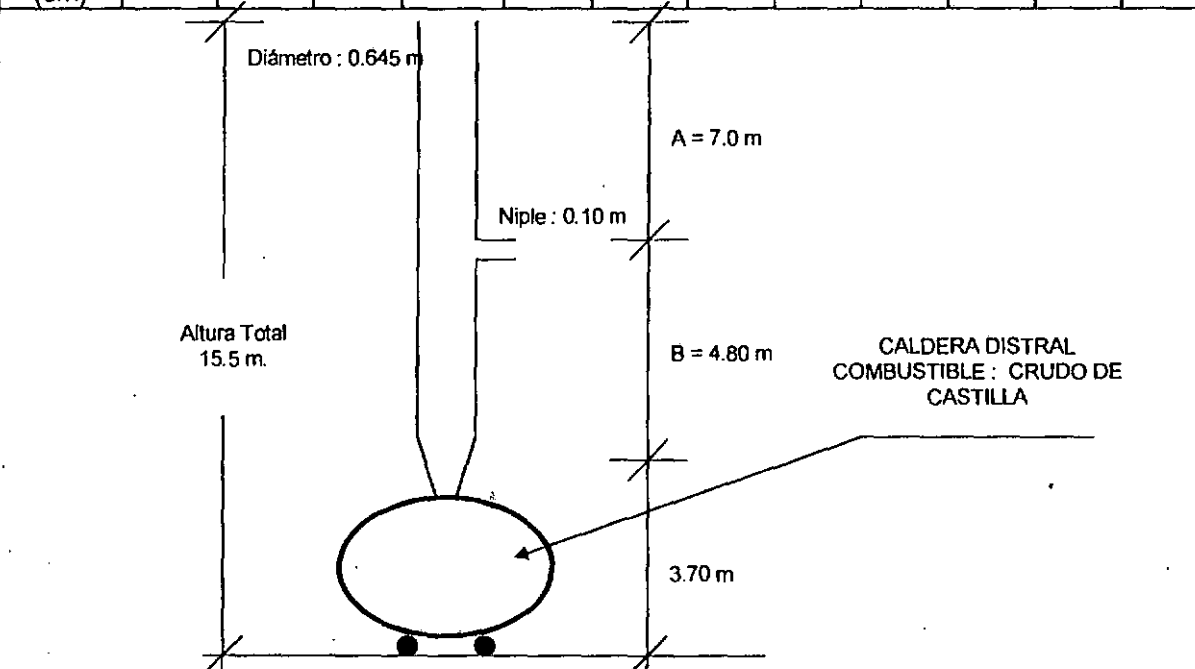
Longitud niple: 10.0 m.

A/Diámetro : 10.85

B/Diámetro : 7.44

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	12.84	19.4	29.1	55.4	65.1	71.66						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 9.4

%CO: 0.0088

%O<sub>2</sub>: 10.2

Bws (%): 8.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 561.5

Cp: 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 67 Pwc: 1.992

CNO<sub>x</sub> (ppm): 67

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	156	170	207	306	337	417					265.5 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					0.010
Δp	0.14	0.12	0.13	0.17	0.19	0.18					0.1527

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$ $T_s = 265.5 + 460$ $T_s = 725.5^\circ R$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$ $P_s = 26.53 + 0.010 / 13.6$ $P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$ $P_m = 26.53 + 1 / 13.6$ $P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (9.4 + 0.0088 + 10.2) = 80.391$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 9.4 \times 0.44 + 0.0088 \times 0.28 + 10.2 \times 0.32 + 80.391 \times 0.28 = 29.912 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 29.912 \times (1 - 5/100) + 0.18 \times 5 = 28.959 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times (0.1527 \times 725.5 / (28.959 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 1599.33 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.5 / ((1599.33 \times 561.5 \times 26.53 \times (1 - 5/100)) / (725.5 \times 26.6)) = 0.000434 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 2.0 / ((1599.33 \times 561.5 \times 26.53 \times (1 - 5/100)) / (725.5 \times 26.6)) = 0.000174 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)''$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	(X) No. 4, $\phi = (3/8)''$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)''$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)''$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)''$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((725.5 / 28.959 \times 26.53)) \times (\Delta p)^{0.5} = 68.20 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 0.0007669 (561.5 / 725.5) \times (26.53 / (26.6 - 1.992)) \times (1 - (5/100)) \times 60 \times 68.20 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 2.4388 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
$Q_m$	0.6898	0.7316	0.7712	0.8088	0.8488	0.8793	0.9125	0.9445	0.9755	1.0055	1.0347
$\Delta H$	1.24	1.39	1.55	1.70	1.85	2.01	2.17	2.32	2.47	2.63	2.78

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 140.9110$	$m_n(g) = 1.4794$	$P_g (\text{in H}_2\text{O}) = 0.010$	$\Delta p (\text{in H}_2\text{O}) = 0.175$
$T_s(^{\circ}R) = 900.917$	$T_m(R) = 568.375$	$\Delta H (\text{in H}_2\text{O}) = 2.78$	$\theta (\text{min.}) = 60$
$As(\text{ft}^2) = 3.517$	$V_m (\text{ft}^3) = 43.348$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{bar} + (\Delta H / 13.6)$	26.73	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	38.50	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (W_f - W_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	6.63	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STP)} \times 537 / 528$	39.157	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	14.70	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.91	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left(1 - \frac{(Bws)}{100}\right) + (0.18 \times Bws)$	28.16	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx\left(\sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}}\right)$	32.24	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vsxAsx60$	6803.56	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	3535.68	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times l / c + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} v_{sx} A_n}$	97.64	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	45.13	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	86.85	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0377832	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.0170341	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	8.15199	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

#### Producción diaria :

Jabón de Lavar: 41.0 Toneladas.  
Virutas : 16.5 Toneladas.  
Jabón tocador: 15.0 Toneladas.  
Glicerina : 12.65 Toneladas.  
Total : 85.15 Toneladas

Jornada laboral : 24 horas

Producción horaria : 85.15 toneladas/24 horas = 3.5479 ton/Hora

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 3.5479 $E = 4.0 \times P^{0.875} \quad 1.0 \leq P < 10.0$	12.11 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 12.11 \text{ Kg./H}$	11.21 Kg./H
Artículos 74, 75	$E' = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	11.21 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 11.21g./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa LLOREDA GRASAS S.A., es de 11.21 Kg./H, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 8.152 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión ETP versus Norma**

**8.15 Kg/h < 11.21 Kg/h**

La emisión de material particulado ETP por chimenea se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa LLOREDA GRASAS S.A., posee una altura de 15.5 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8<sup>a</sup>

Contratista : Water Technology Ltda.

MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : Mayo - 11 - 99	Empresa : Hoiada S.A.	4422649
Representante de la empresa : Victor Sotelo		
Representante de la comunidad :		
Representante de la empresa consultora : Wilson N. Grajales		
Hora inicial : 16:15	Hora Final :	
<b>DATOS DE CAMPO</b>		
Altura de chimenea (m) 15.5	Diámetro interno (cm) 64.5	Área transversa (Pie <sup>2</sup> ) 3.5170
Diámetro boquilla (pulg) 3/8	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) 0.0007669	Distancia A (m) 70.4 = 10.35
Distancia B (m) 4.80 = 7.44	Número de puntos 12	Tiempo/Punto 5
Presión barométrica 26.53	Temperatura ambiente 33.	Humid. 10 cm
Chimenea procedente de :	Caldera X	Horno
Combustible empleado	Cruco de Castilla	
Consumo	3621/H	
Poder Calórico	152,000 Btu/H	
Puntos	1	2
% diámetro	4.4	14.6
Distancia (X)	12.84	19.4
Factor de corrección de S - Pilot (Cp <sub>s</sub> )	0.821	
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0	
Volumen Final del agua (mL) (B)	332.0	
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	132.0	
Peso inicial de silica gel (g) (C)	195.1892	
Peso final de silica gel (g) (D)	204.1002	
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	8.911	
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	140.911	
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.6757	
Peso final del papel filtro (g) (H)	1.8561	
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	1.1804	
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40. ml	
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5852	
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.8847	
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.2995	
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	1.4799	
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002	
Peso neto de partículas (g) (S-P)	1.4797	

Producción :  
 Jabón lavar 41 toneladas  
 Kriolax 16.5 "  
 Jabón tocador 15. "  
 Glicerina 12.600 Ton.



DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO <sub>2</sub> 9.4			% CO 0.0088			% O <sub>2</sub> 10.7			
% N <sub>2</sub> 80.39			SO <sub>2</sub> (ppm) 6.4			NO <sub>x</sub> (ppm) 6.4			
Ts = T'm + 460 (°R) 725.5			Tm = T'm + 460 561.5			Ps = Pbar + Pg/13.6			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6			W = 8%			Ms 28.9		M: 29.9	
DATOS MUESTREO PRELIMINAR Pu = 1.4920									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	156	170	207	306	337	4.17			265.5
Tm'	109	108	102	98	97	95			101.5
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
Δp	0.14	0.12	0.13	0.17	0.19	0.18			0.1527
Qm = 2.4388 V <sub>Δp</sub>			Vs			Boquilla a emplear 3/8			
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 86.200					Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 127.548				
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.15	0.01	158	101	92	556.5	2.32		
2	0.13	0.01	246	110	92	561	2.01		
3	0.14	0.01	4.22	115	93	564	2.17		
4	0.18	0.01	473	119	95	567	2.78		
5	0.22	0.01	490	123	96	569.5	3.40		
6	0.23	0.01	523	126	98	572	3.56		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.24	0.01	522	126	99	572.5	3.71		
2	0.22	0.01	512	126	99	572.5	3.40		
3	0.23	0.01	514	123	100	572.5	3.56		
4	0.15	0.01	510	124	100	572	2.32		
5	0.14	0.01	504	124	98	571	2.17		
6	0.13	0.01	517	127	98	570	2.01		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.1750	0.01	400.917			569.35	2.7892		

$$A_1 = 0.0004349$$

$$A_2 = 0.001740$$

$$W = 8\%$$

$$Boq: 3/8 \Rightarrow A = 0.0007469 \rightarrow Q_m = 2.4388 V_{\Delta p}$$

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -**DAGMA**-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha sido delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención por intermedio de la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA** según contrato SCA - CON - 166 -98 y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista **WATER TECHNOLOGY LTDA.** \_\_\_\_\_

Wilson N. Grajales

La empresa monitoreada Llorada Grason S.A.

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 10 de May de 1999, en las instalaciones de la empresa LLOREDA S.A. DIVISION ASEO con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (S) de CHIMENEAS CALDERAS actividad que fue iniciada a las \_\_\_\_\_ horas y culminada a las \_\_\_\_\_

Observaciones adicionales. NO SE PUDO REALIZAR DEBIDO

AL MAL TIEMPO - RIESGO ALTO DE ROTURA DE

LA CUBIERTA Y CAIDA DEL PERSONAL.

SE POSPONE PARA OTRO DIA

ALTA EN CALIDAD DE MUESTREO EL

SEFESSEG-IND

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <u>Uoreda - S.A. Div. Aros</u>		Fecha: <u>Abril 15-99</u>	
Nit: <u>890301602-5</u>		Dirección: <u>Cra 10 # 32-19</u>	
Barrio: <u>Industrial</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4422649</u>	
Descripción del Proceso productivo			
<u>Producción de jabones de lavar y tocador</u>			
Determinación de las fuentes de emisión			
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión
<u>Caldera pino tubular</u>	<u>Partículas - Gases</u>	<u>Crudo de Casti-lla</u>	<u>24 Hr / día</u>
<u>Observaciones</u> <u>Hay una caldera en standby</u> <u>Caldera DISTRAL Serie A-2780 Modelo D3B-S70-200</u> <u>Sup. calindr. 2502 Pies<sup>2</sup> Pres. Diseño 200 PSI - Aço Cond.</u> <u>Cap. 500 BHP Pres. trabajo 150 PSI</u>			
Datos sobre la chimenea			
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro
<u>15.5m</u>	<u>7m</u>	<u>4.8m</u>	<u>51"</u>
<u>Observaciones:</u> <u>Conservando promedio Caudal 67.5 GPM</u>			

1994

2100 GPM 24 Hr. Caudal

## EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.

Mayo de 1999

### CONTENIDO

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

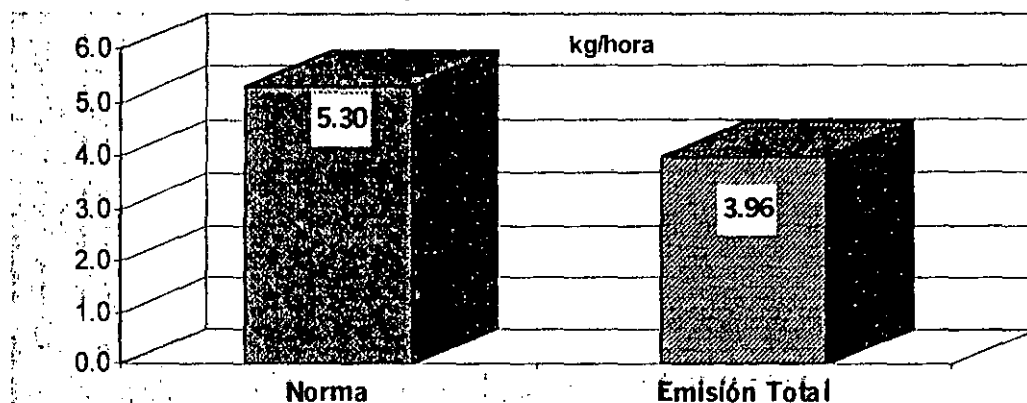
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera de la empresa **ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.** la cual utiliza como combustible Crudo de Castilla.

El trabajo de campo se realizó el día 10 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 3.96077 Kg/h, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 5.3383 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa **ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.**, posee una altura de 25 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.

Dirección : Carrera 7 No. 34 - 120 - Cali

Teléfono : (092) 438-47-15

Fuente : Caldera - Crudo de Castilla.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 25.0 m.

Diámetro : 0.61 m.

Area salida: 3.1457 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 17.5 m.

Distancia B: 3.65 m.

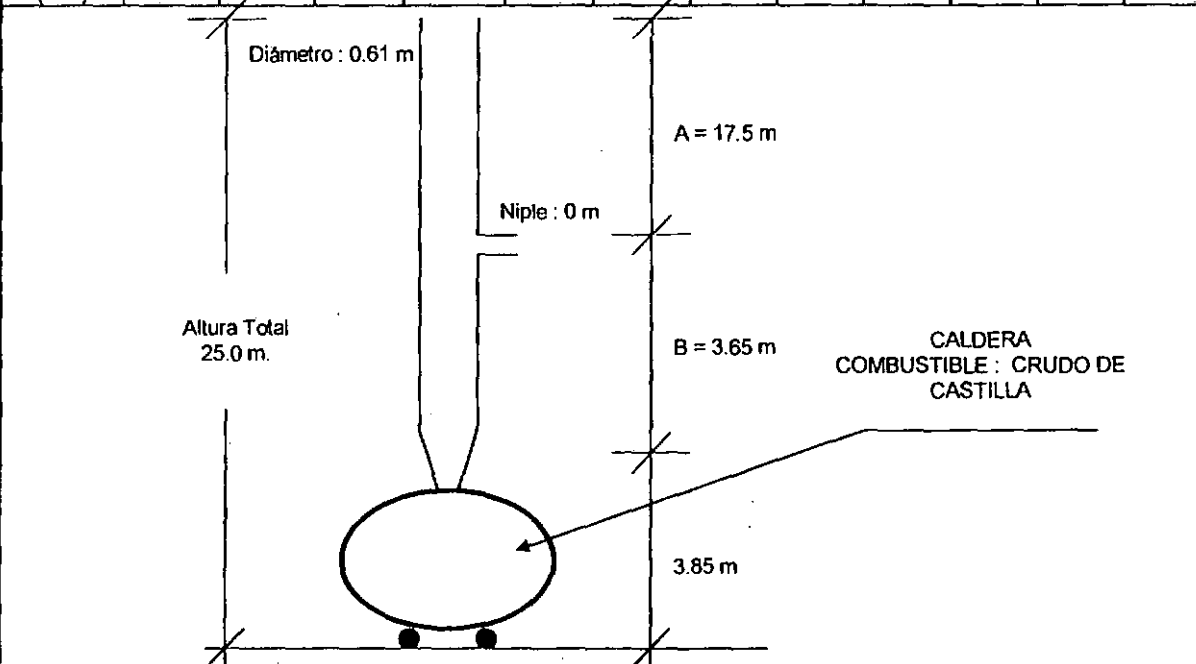
Longitud niple: 0 m.

A/Diámetro : 28.68

B/Diámetro : 5.98

Total de puntos: 20

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	2.6	8.2	14.6	22.6	34.2	65.8	77.4	85.4	91.8	97.4		
Marca (cm)	1.59 <1"	5.0	8.91	13.79	20.86	40.14	47.21	52.09	56.0	59.41 <1"		



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 9.3

%CO: 0.0058

%O<sub>2</sub>: 9.1

Bws (%): 8.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 548

Cp: 0.821

Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 112 Pwc: 1.335

CNO<sub>x</sub> (ppm): 164

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	243	230	223	278	308	376	421	443			315.25 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
Δp	0.21	0.21	0.20	0.20	0.26	0.27	0.28	0.27			0.2352

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 315.25 + 460$	$P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$	$P_m = 26.53 + 1 / 13.6$
$T_s = 775.3^\circ R$	$P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (9.3 + 0.0058 + 9.1) = 81.594$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 9.3 \times 0.44 + 0.0058 \times 0.28 + 9.1 \times 0.32 + 81.594 \times 0.28 = 29.852 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 29.852 \times (1 - 8 / 100) + 0.18 \times 8 = 28.904 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times (0.235 \times 775.3 / (28.904 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 2053.47 \text{ ft/min}$		
$A_{n1} = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$A_{n1} = 0.5 / ((2053.47 \times 548 \times 26.53 \times (1 - 8 / 100)) / (775.3 \times 26.6)) = 0.000375 \text{ ft}^2$		
$A_{n2} = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$A_{n2} = 2.0 / ((2053.47 \times 548 \times 26.53 \times (1 - 8 / 100)) / (775.3 \times 26.6)) = 0.001502 \text{ ft}^2$		
<b>BOQUILLA SELECCIONADA</b>		
( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $A_n = 0.001363 \text{ ft}^2$	(X) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $A_n = 0.0007669 \text{ ft}^2$	
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $A_n = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $A_n = 0.001043 \text{ ft}^2$	
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $A_n = 0.000340 \text{ ft}^2$		

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((775.3 / 28.904 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 70.57 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = A_n \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 0.0007669 (548 / 775.3) \times (26.53 / (26.6 - 1.335)) \times (1 - (8 / 100)) \times 60 \times 70.57 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 2.2448 (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
$Q_m$	0.8694	0.8979	0.9255	0.9524	0.9785	1.0039	1.0287	1.0529	1.0765	1.0997	1.1224
$\Delta H$	1.97	2.09	2.23	2.36	2.49	2.62	2.75	2.88	3.01	3.15	3.28

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(\text{mL}) = 172.3751$	$m_n(\text{g}) = 1.2098$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.247$
$T_s(^{\circ}R) = 844.375$	$T_m(R) = 565.094$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 3.26$	$\theta(\text{min.}) = 80$
$A_s(\text{ft}^2) = 3.146$	$V_m(\text{ft}^3) = 78.853$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.77	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	70.53	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	8.12	ft <sup>3</sup>

104

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	71.736	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	10.32	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%C(X)$	29.85	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.63	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	36.77	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Qs(A)$	$Qs(A) = vs \times As \times 60$	6940.70	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Qs(std)$	$Qs(std) = Qs(A) \times (Tstd / Ts) \times (Ps / Pstd)$	3848.48	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} V}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} \times vs \times An}$	104.83	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $Vgh(std)$	$Vgh(std) = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	78.65	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $Vgh(A)$	$Vgh(A) = Vgh(std) \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	141.84	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0168655	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $Cs(A)$	$Cs(A) = \left( m_n / Vgh(A) \right)$	0.0085292	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E(A)$ a condiciones de referencia	$E(A) = C_{REF} \times Qs(std) \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	3.96077	kg/h



### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su párrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

**Producción diaria** : 36440 Kg

**Jornada laboral** : 24 horas

**Producción horaria** : 36.44 toneladas/24 horas = 1.5183 ton/Hora

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

#### Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 1.5183 $E = 4 \times P^{0.875} \quad 1.0 \leq P < 10.0$	5.7643 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 5.7643 \text{ Kg/H}$	5.3383 Kg./H
Artículos 74, 75	$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	5.3383 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 5.3 Kg./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa **ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.**, es de 5.3 Kg./h, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 3.96077 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión vs Norma**  
**3.96 Kg/h < 5.3 Kg/h**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa **ANDINA DE CARTONES ESPECIALES S.A.**, posee una altura de 25.0 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumplen con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de  
25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha: Mayo 10 99		Empresa: Andina de Castano	
Representante de la empresa: <i>[Signature]</i>			
Representante de la comunidad: <i>[Signature]</i>			
Representante de la empresa consultora: Wilson Camacho			
Hora inicial: 16:40		Hora Final:	
<b>DATOS DE CAMPO</b>			
Altura de chimenea (m)	25	Diámetro interno (cm)	67
Diámetro boquilla (pulg)	3/8	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	0.002669
Distancia B (m)	3.65	Número de puntos	20
Presión barométrica	56.53	Temperatura ambiente	89 °F 32 °C
Chimenea procedente de:		Caldera	X
Combustible empleado		Horno	
Consumo		Otro	
Poder Calórico		Ciudad de Castilla	
Puntos	1	2	3
% diámetro	2.6	8.2	14.6
Distancia (X)	1.57	5.0	8.97
Factor de corrección de S - Pitol (Cp <sub>s</sub> )	0.87		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0		
Volumen Final del agua (mL) (B)	356.0		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	156.0		
Peso inicial de silica gel (g) (C)	195.7173		
Peso final de silica gel (g) (D)	212.0979		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	16.3806		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	172.3806		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.6626		
Peso final del papel filtro (g) (H)	1.6752		
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	1.0126		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40 mL		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5000		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.7676		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.2676		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	1.2802		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	1.2800		

X El primer punto ya se descartó porque son  
menores 2 1/2"

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO2 9.3			% CO 0.0058			% O2 9.1			
% N2 21.5742			SO2 (ppm) 112			NOx (ppm) 164			
Ts = Tm + 460 (°R) 775.25			Tm = Tm + 460 548			Ps = Pbar + Pg/13.6			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 24.6			W 8%			Ms 28.9038 118.295			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	243	230	223	218	208	202	197	195	215.25
Tm'	88	88	88	88	88	88	88	88	88
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
Δp	0.21	0.21	0.20	0.20	0.26	0.21	0.21	0.21	0.2352
Qm:	2.2 V <sub>ap</sub>			Vs			Boquilla a emplear 3/8		
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 954.835				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 1025.688					
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.21	0.01	142	95	87	551	2.75		
2	0.20	0.01	170	104	87	555.5	2.62		
3	0.21	0.01	277	110	88	559	2.75		
4	0.22	0.01	372	114	87	561.5	2.88		
5	0.26	0.01	443	118	91	564.5	3.40		
6	0.27	0.01	449	120	92	566	3.54		
7	0.28	0.01	450	123	94	568.5	3.67		
8	0.26	0.01	450	124	95	569.5	3.60		
9									
10									
11									
12									
1	0.26	0.01	449	111	95	563	3.40		
2	0.29	0.01	460	119	95	567	3.80		
3	0.28	0.01	456	124	96	570	3.67		
4	0.28	0.01	455	123	96	569.5	3.67		
5	0.28	0.01	456	124	96	570	3.67		
6	0.23	0.01	424	125	97	571	3.01		
7	0.23	0.01	412	117	96	566.5	3.01		
8	0.22	0.01	285	122	96	569	2.88		
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.2469	0.01	844.315			567.075	2.2575		

$$A_1 = 0.00039082$$

$$A_2 = 0.0014822$$

$$A_2 = 0.0014822$$

$$Boq: 3/8 \rightarrow \mu = 0.0009669 \rightarrow Q_{m1} = 2.240472$$

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson Grijala

[Firma] Firma y cc 10.471.935 B/mr c.

La empresa monitoreada Sonoco (Planta de Papel)

[Firma] Firma y cc 14.435.376 Cali

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 10 de Mayo de 1999, en las instalaciones de la empresa Andina de Cartones con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la caldera actividad que fue iniciada a las 16:40 horas y culminada a las 18:15

Observaciones adicionales. Esta caldera aproximadamente en un mes será remplazada por otra caldera nueva y utilizarán como combustible gas natural

111

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Andino de Cartones Especiales S.A.		Razón Social: <u>Sonoco de Colombia Ltda</u>		Fecha: <u>Abril 5/99</u>	
Nit:		Dirección: <u>Cra 7 # 34-120</u>			
Barrio: <u>Las Delicias</u>		Comuna: <u>8</u>		Teléfono: <u>4486192</u>	
<b>Descripción del Proceso productivo</b>					
Producción de papel (cartón)					
<b>Determinación de las fuentes de emisión</b>					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
caldera	Partículas	Crudo	24 Hrs		
<b>Observaciones</b>					
Caldera cleaver Brooks (nueva) para arrancar en 1 mes con combustible (gas natural)					
<b>Datos sobre la chimenea</b>					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
15 m	8 m	3.5 m	Apox 70 cm	0	No
<b>Observaciones:</b> El punto de muestreo no tiene niple, ni plataforma.					

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE**  
**Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</b>	<b>3</b>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<b>4. TABLAS DE CAMPO</b>	<b>8</b>



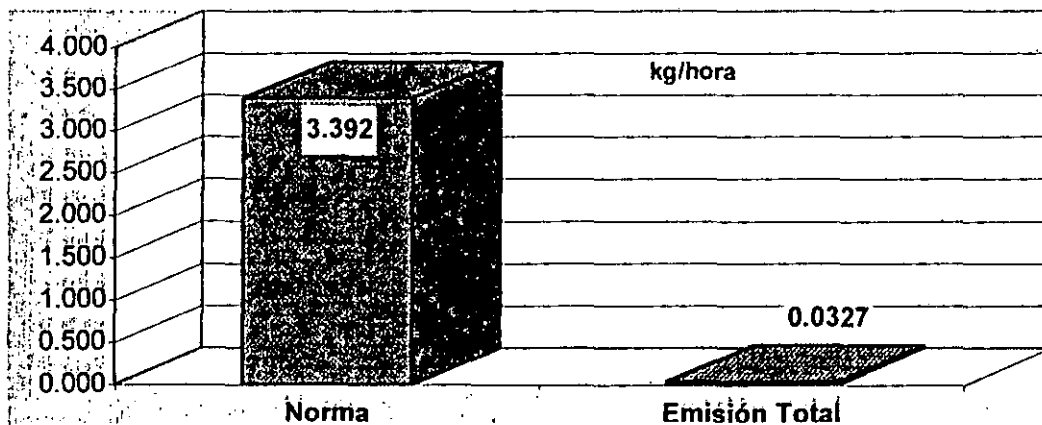
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera de la empresa PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El trabajo de campo se realizó el día 12 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 0.03268 Kg/h, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 3.39 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa **PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE**, posee una altura de 15.50 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE

Dirección : Calle 41 No. 8A - 24 - Cali

Teléfono : (092) 442-26-13

Fuente : Caldera -Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 15.50 m.

Diámetro : 0.30 m.

Area salida: 0.761 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 11.0 m.

Distancia B: 1.72 m.

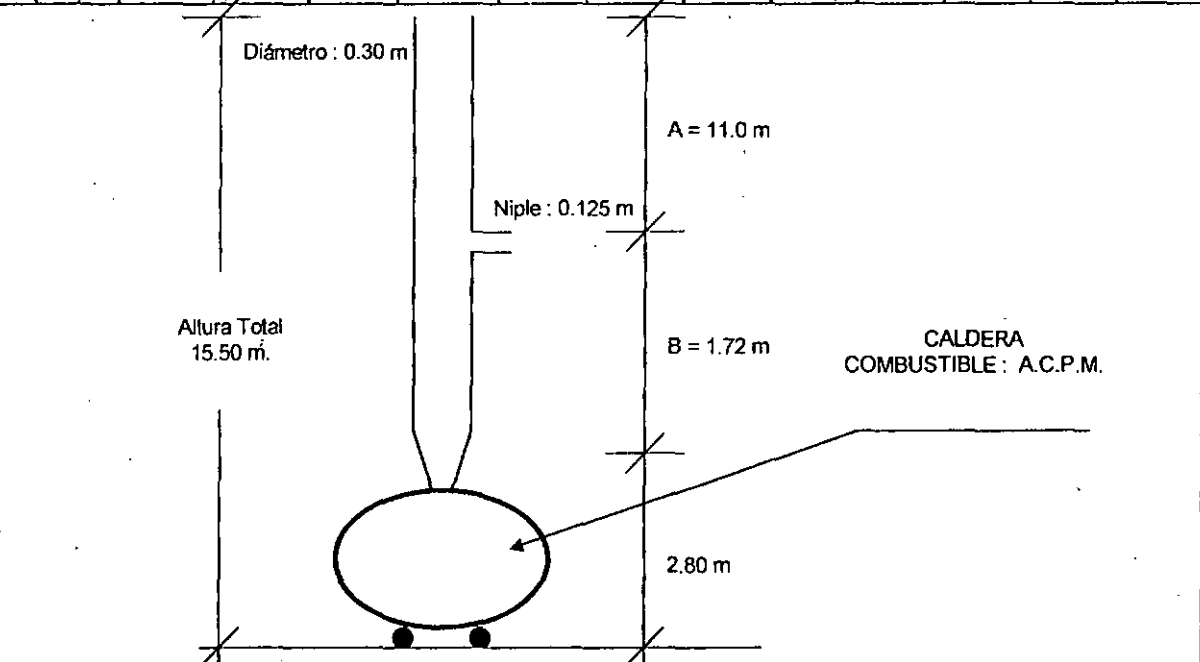
Longitud niple: 0.12 m.

A/Diámetro : 36.67

B/Diámetro : 5.73

Total de puntos: 20

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	2.6	8.2	14.6	22.6	34.2	65.8	77.4	85.4	91.8	97.4		
Marca (cm)	12.78	14.46	16.38	18.78	22.3	31.7	35.2	37.6	39.5	41.2		
	<1"	<1"							<1"	<1"		



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 10.0

%CO: 0.004

%O<sub>2</sub>: 8.2

Bws (%): 5.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 546

Cp: 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 132 Pwc: 1.853

CNO<sub>x</sub> (ppm): 83

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	625	510	630	640	615	610					605 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					0.01
Δp	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.13					0.1365

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 605 + 460$	$P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$	$P_m = 26.53 + 1 / 13.6$
$T_s = 1065 ^\circ R$	$P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.60 \text{ in Hg}$

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (10 + 0.004 + 8.2) = 81.796$$

$$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$$

$$M_d = 10 \times 0.44 + 0.004 \times 0.28 + 8.2 \times 0.32 + 81.796 \times 0.28 = 29.928 \text{ g/g mol}$$

$$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$$

$$M_s = 29.928 \times (1 - 5 / 100) + 0.18 \times 5 = 29.332 \text{ g/g-mol}$$

$$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$$

$$v_s = 85.49 \times 0.821 \times (0.1365 \times 1065 / (29.332 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 1819.94 \text{ ft/min}$$

$$A_{n1} = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n1} = 0.5 / ((1819.94 \times 546 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (1065 \times 26.6)) = 0.000566 \text{ ft}^2$$

$$A_{n2} = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n2} = 2.0 / ((1819.94 \times 546 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (1065 \times 26.6)) = 0.002263 \text{ ft}^2$$

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $A_n = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $A_n = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $A_n = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $A_n = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $A_n = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE MUESTREO

$$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$$

$$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((1065 / 29.332 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 82.11 (\Delta p)^{0.5}$$

$$Q_m = A_n \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$$

$$Q_m = 0.001043 (546 / 1065) \times (26.53 / (26.6 - 1.853)) \times (1 - (5 / 100)) \times 60 \times 82.11 (\Delta p)^{0.5}$$

$$Q_m = 2.716 (\Delta p)^{0.5}$$

$\Delta p$	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18
$Q_m$	0.7682	0.8148	0.8589	0.9008	0.9408	0.9726	1.0162	1.0519	1.0864	1.1198	1.1523
$\Delta H$	1.53	1.73	1.92	2.11	2.30	2.46	2.68	2.88	3.07	3.26	3.45

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 98.8829$	$m_n(g) = 0.0406$	$P_g (\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p (\text{in H}_2\text{O}) = 0.130$
$T_s(^{\circ}R) = 1038.50$	$T_m(R) = 563.458$	$\Delta H (\text{in H}_2\text{O}) = 2.50$	$\theta (\text{min.}) = 60$
$A_s(\text{ft}^2) = 0.761$	$V_m (\text{ft}^3) = 50.475$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.71	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	45.19	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	4.66	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	45.957	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	9.34	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.93	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.81	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	29.45	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Qs(A)$	$Qs(A) = vsxAsx60$	1344.44	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Qs(std)$	$Qs(std) = Qs(A) \times (Tstd / Ts) \times (Ps / Pstd)$	606.12	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times Tsx \left( K_3 \times l/lc + \left( \frac{PmxVmxY}{Tm} \right) \right)}{60 \times \phi \times PsxvsxAn}$	100.02	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $Vgh(std)$	$Vgh(std) = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	49.84	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $Vgh(A)$	$Vgh(A) = Vgh(std) \times \frac{Tsx29.92}{Psx528}$	110.55	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0008835	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $Cs(A)$	$Cs(A) = \left( m_n / Vgh(A) \right)$	0.0003672	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E(A)$ a condiciones de referencia	$E(A) = C_{REF} \times Qs(std) \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.03268	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Producción diaria : 6.500 Kg

Jornada laboral : 8 horas

Producción horaria : 6.5 toneladas/8 horas = 0.8125 ton/Hora

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.8125 $E = 4.0 \times P^{0.425} \quad 0.1 \leq P < 1.0$	3.6621 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 3.6621 \text{ Kg./H}$	3.39 Kg./H
Artículos 74, 75	$E' = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	3.39 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 3.39 Kg./H		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE, es de 3.39 Kg./h, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 0.03268 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión vs Norma**  
**0.03268 Kg/h < < < 3.39 Kg/h**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa PROCESADORA AVICOLA DEL VALLE, posee una chimenea con una altura de 15.50 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : Mayo-12-99		Empresa : Procesadora Avícola	
Representante de la empresa : ALEJANDRA SILVA			
Representante de la comunidad :			
Representante de la empresa consultora : Wilson Grajales			
Hora inicial : 10:20		Hora Final : 11:20	
<b>DATOS DE CAMPO</b>			
Altura de chimenea (m)	15.5	Diámetro interno (cm)	30
Diámetro boquilla (pulg)	7/16	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	0.001003
Distancia B (m)	172 $\frac{B}{A} = 5.73$	Número de puntos	20
Presión barométrica	26.6	Temperatura ambiente	30°C
Chimenea procedente de :	Caldera <input checked="" type="checkbox"/>	Horno	Otro N/A = 12
Combustible empleado	A.C.P.F.		
Consumo			
Poder Calórico			
Puntos	1	2	3
% diámetro	2.6	8.2	14.6
Distancia (X)	12.78	11.46	16.38
Factor de corrección de S - Pilot (Cp)	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0		
Volumen Final del agua (mL) (B)	291.0		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	91.0		
Peso inicial de silica gel (g) (C)	194.5331		
Peso final de silica gel (g) (D)	202.4160		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	7.8829		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	48.8829		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.5140		
Peso final del papel filtro (g) (H)	0.5376		
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	0.0236		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40.0		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5852		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.6001		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.0149		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	0.0408		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	0.0406		

\* Los puntos 1, 2, 7 y 10 se descartan porque son inferiores a 1 pulgada

4800 pollos x 6800 kg  
6000 kg/pollo



## DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA

% CO <sub>2</sub> 10.0	% CO 0.0040	% O <sub>2</sub> 8.7
% N <sub>2</sub> 81.7960	SO <sub>2</sub> (ppm) 139	NO <sub>x</sub> (ppm) 83
Ts = Tm + 460 (°R) 1065	Tm = Tm + 460 546	Ps = Pbar + Pg/13.6 26.53
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6	W 5%	Ms 29.3 III = 27.722

DATOS MUESTREO PRELIMINAR *plwC - 1.8530*

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	625	510	630	640	615	610			605
Tm'	86	86	86	86	86	86			86
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
Δp	0.13	0.14	0.15	0.13	0.14	0.13			0.1365
Qm:	Vs					Boquilla a emplear 7/16			

## DATOS DURANTE EL MUESTREO

Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 35.713				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> )			
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O
1	0.10	0.01	575	96	89	552.5	1.92
2	0.12	0.01	572	106	89	557.5	2.30
3	0.13	0.01	575	112	90	561.	2.46
4	0.13	0.01	570	107	93	560	2.46
5	0.15	0.01	571	120	94	567	2.88
6	0.16	0.01	596	124	95	569.5	3.07
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1	0.16	0.01	591	125	98	571.5	3.07
2	0.14	0.01	584	121	99	570	2.68
3	0.13	0.01	577	110	98	564	2.46
4	0.12	0.01	572	111	99	565	2.30
5	0.12	0.01	574	108	97	563	2.30
6	0.11	0.01	570	102	98	560	2.11
7							
8							
9							
10							
11							
12							
Promedio	0.1296	0.01	1038			563.47	2.50683

$$A_1 = 0.0005586$$

$$A_2 = 0.0022345$$

$$\% J = 100.4$$

$$\text{Boquilla } 7/16 \rightarrow A = 0.001043 \rightarrow D_{m1} = 2.716 \text{ VEP}$$

122

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <i>Procesadora Avícola del Valle</i>		Fecha: <i>11-03-72-95</i>			
Nit: <i></i>		Dirección: <i>Calle 41 # 8A-24</i>			
Barrio: <i>Troncal</i>	Comuna: <i>B</i>	Teléfono: <i>4922613</i>			
<b>Descripción del Proceso productivo</b>					
<i>Sacrificio y empacar de pollo.</i>					
<b>Determinación de las fuentes de emisión</b>					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<i>CALDERA</i>	<i>GASES-PARTICULAS</i>	<i>A-CDM-</i>			
<b>Observaciones</b> <i>CALDERA COLMAQUINAS /DISTAL</i>					
<i>MODELO CH-40-150 SERIE A-2115 AÑO 1984</i>					
<i>BHP- 40 P. max 150 PSI.</i>					
<i>CONSUMO 12.1 GPH.</i>					
<b>Datos sobre la chimenea</b>					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<i>15.5 m</i>	<i>11.0 m</i>	<i>1.72 m</i>	<i>30 cm.</i>	<i>12 cm</i>	<i>Vigas</i>
<b>Observaciones:</b> <i>No hay plataforma, pero tiene unas vigas metálicas para colocar las bombas.</i>					

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson Grajales  
[Firma] Firma y cc 10.471.935 de Blaires c.

La empresa monitoreada PROAVES S.A.

ALEJANDRO SILVA P. Firma y cc [Firma] 10.983.500

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 12 de Mayo de 1999, en las instalaciones de la empresa Procesadora Agrícola con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la Caldera actividad que fue iniciada a las 10:20 horas y culminada a las 11:20

Observaciones adicionales. La medición se realizó con el apoyo de la empresa sin ningún inconveniente.

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**CARNES FRIAS ENRIKO LTDA**  
Junio de 1999

**CONTENIDO**

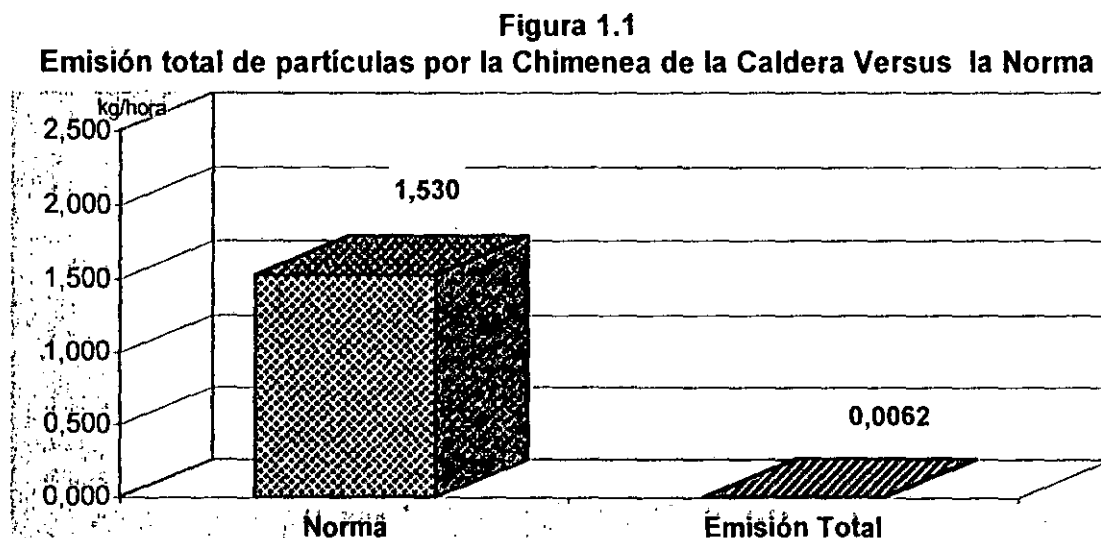
<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera de la empresa **CARNES FRIAS ENRIKO LTDA** la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El trabajo de campo se realizó el día 15 de Junio de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 0.00615 Kg/h, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 1.53 Kg/h.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.



La chimenea de la Caldera de la empresa **CARNES FRIAS ENRIKO LTDA**, posee una altura de 12.66 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : CARNES FRIAS ENRIKO LTDA

Dirección : Calle 40 No. 14-94 - Cali

Teléfono : (092) 444 49-26

Fuente : Caldera Teknik -Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 12.66 m.

Diámetro : 0.30 m.

Area salida: 0.761 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 8.06 m.

Distancia B: 2.51 m.

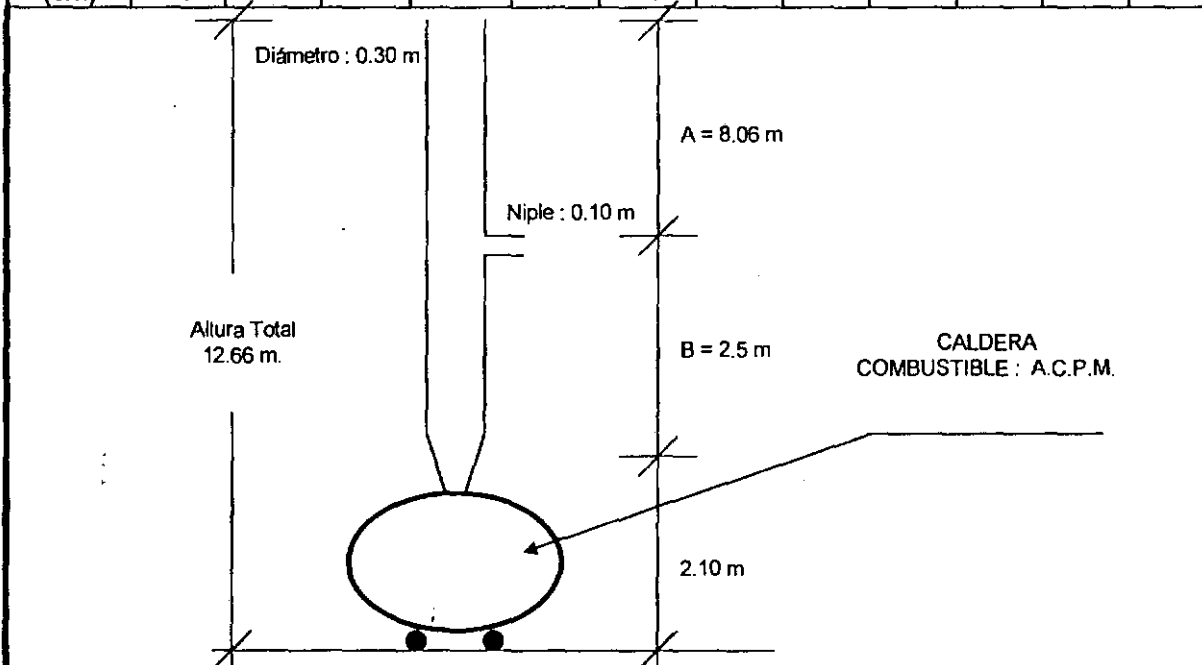
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 28.87

B/Diámetro : 8.37

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	11.32 < 1"	14.38	18.8	31.7	35.62	38.6 < 1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 4.1

%CO: 0.0012

%O<sub>2</sub>: 16.7

Bws (%): 5.0

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 537

Cp : 0.821

Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 0.5 Pwc: 0.935

CNO<sub>x</sub> (ppm): 2.7

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	318	308	320	342							322 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01							0.01
Δp	0.04	0.04	0.05	0.07							0.0486

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 322 + 460$	$P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$	$P_m = 26.53 + 1 / 13.6$
$T_s = 782^\circ R$	$P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (4.1 + 0.0012 + 16.7) = 79.199$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 4.1 \times 0.44 + 0.0012 \times 0.28 + 16.7 \times 0.32 + 79.19 \times 0.28 = 29.32 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 29.32 \times (1 - 5 / 100) + 0.18 \times 5 = 28.758 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times (0.048 \times 782 / (28.758 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 940.34 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.5 / ((940.34 \times 537 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (782 \times 26.6)) = 0.000807 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 2.0 / ((940.34 \times 537 \times 26.53 \times (1 - 5 / 100)) / (782 \times 26.6)) = 0.00323 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)''$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)''$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)''$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)''$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)''$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 85.49 \times 0.821 \times ((782 / 28.758 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 71.06 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 0.001043 (537 / 782) \times (26.53 / (26.6 - 0.9352)) \times (1 - (5 / 100)) \times 60 \times 71.06 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 2.99 (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1		
$Q_m$	0.42	0.519	0.6	0.67	0.73	0.79	0.84	0.9	0.94		
$\Delta H$	0.47	0.7	0.94	1.17	1.4	1.64	1.87	2.1	2.34		

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_c(\text{mL}) = 54.24$	$m_n(\text{g}) = 0.0086$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.045$
$T_s(^{\circ}R) = 843.5$	$T_m(R) = 550.5$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 1.1$	$\theta(\text{min.}) = 64$
$As(\text{ft}^2) = 0.761$	$V_m(\text{ft}^3) = 36.822$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{bar} + (\Delta H / 13.6)$	26.61	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	33.61	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K_1 \times (V_f - V_i) + K_2 \times (W_f - W_i)$	2.55	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	34.183	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	7.06	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%C(X)$	29.32	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.52	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	15.31	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = \dot{v}_{sx} A_{sx} 60$	721.72	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	400.6	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} \times v_{sx} \times A_n}$	102.93	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	36.16	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	65.15	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = $C_{REF}$	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0002516	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.000132	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.00615	kg/h



### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Producción diaria : 1.000 kg.

Jornada laboral : 8 horas.

Producción horaria : 1.0 toneladas/8 horas = 0.125 ton/Hora

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FÓRMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.125 $E = 4.0 \times (P)^{0.425} \quad 0.1 \leq P < 1.0$	1.653 Kg./h
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 1.65 \text{ Kg/H}$	1.53 Kg./h
Artículos 74, 75	$E' = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	1.53 Kg./h
Norma de Emisión final corregida: 1.53 Kg./h		

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa **CARNES FRIAS ENRIKO LTDA**, es de 1.53 Kg./h, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 0.00615 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión vs Norma**  
**0.00615 Kg/h <<< 1.53 Kg/h**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera de la empresa **CARNES FRIAS ENRIKO LTDA**, posee una altura de 12.66 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede afirmar que la altura de la Chimenea no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha: Jun. 15 - 99		Empresa: EMBILCO	
Representante de la empresa: María Cristina Suárez Uribe			
Representante de la comunidad:			
Representante de la empresa consultora: Wilson Grajales			
Hora Inicial: 09:00		Hora Final: 11:45	
<b>DATOS DE CAMPO</b>			
Altura de chimenea (m)	12.66	Diámetro interno (cm)	30
Diámetro boquilla (pulg)	3/16	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	0.001043
Distancia B (m)	2.51 $\frac{A}{B} = 0.37$	Número de puntos	12
Presión barométrica	26.53	Temperatura ambiente	26
Chimenea procedente de:		Caldera	X
Combustible empleado		Horno	
Consumo		Otro	
Poder Calórico			
Puntos	1	2	3
% diámetro	4.4	14.6	29.6
Distancia (X)	11.32	14.38	18.88
Factor de corrección de S - Pilot (Cp <sub>s</sub> )	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0		
Volumen Final del agua (mL) (B)	251.0		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	51		
Peso inicial de sílica gel (g) (C)	145.2604		
Peso final de sílica gel (g) (D)	198.5009		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	3.24		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	54.24		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.5372		
Peso final del papel filtro (g) (H)	0.5471		
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	0.0099		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40.0		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5852		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.5861		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.0009		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	0.0088		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	0.0086		

Caldera: Tecnile Ltda

capacidad: 20 BHP

Presión de trabajo: 0/150 PSI

Año: 1991

Producción: 1035 L/min

Consumo: 0.6 m<sup>3</sup>/h

ACPIA

Producción: 1035 L/min

Consumo de combustible: 600 cc/h

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO <sub>2</sub> 4.1			% CO 0.0012			% O <sub>2</sub> 16.7			
% N <sub>2</sub> 79.1788			SO <sub>2</sub> (ppm) 0.50			NO <sub>x</sub> (ppm) 2.7			
Ts = Tm + 460 (°R) 782			Tm = Tm + 460 537			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.53			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6			W 5%			Ms 28.718 HH: 29.324			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	318	305	325	342					322
Tm'	77	77	77	77					77
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01					0.01
Δp	0.04	0.04	0.05	0.07					0.048
Qm:	Vs			Boquilla a emplear					
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 611.703				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 640.500					
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.04	0.01	307	85	78	541.3	0.95		
2	0.04	0.01	377	94	80	542.1	0.95		
3	0.05	0.01	413	94	83	543.5	1.19		
4	0.06	0.01	473	97	85	552	1.47		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.06	0.01	396	95	86	550.3	1.03		
2	0.04	0.01	383	101	85	551	0.95		
3	0.04	0.01	355	105	86	555.5	0.95		
4	0.04	0.01	385	104	85	556	0.95		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.04174	0.01	383			550.5	1.11		

A<sub>1</sub> = 0.0008076  
0.0072406

% = 102.6

Boquilla 7/16 → d = 0.001042 - 2.9 VAD

134

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <i>Carneros Frios Encino</i>		Fecha: <i>Abril / 99</i>
Nit: <i>890-330-035-</i>	Dirección: <i>Calle 40 # 14-94</i>	
Barrio: <i>chapinero</i>	Comuna: <i>8</i>	Teléfono: <i>444926</i> <i>4436359</i>

**Descripción del Proceso productivo**

*Carneros embutidos*

**Determinación de las fuentes de emisión**

Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión
<i>Caldera</i>	<i>Particulas - Gases</i>	<i>A.C.P.M</i>	<i>12 Hrs 7-7</i>
<i>Ahumador</i>		<i>acero</i>	<i>10 AM - 6 PM</i>

**Observaciones**

**Datos sobre la chimenea**

Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
			<i>30</i>	<i>Si</i>	<i>Sobre falsones</i>
			<i>22</i>		

**Observaciones:**

*Jun - 8-99*  
*Ya fue instalado el niple para la toma de muestra,*  
*\* La Caldera funciona de 07:00 hasta las 17:00*

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**CENTRO DE ZOONOSIS**  
Febrero de 2000

**CONTENIDO**

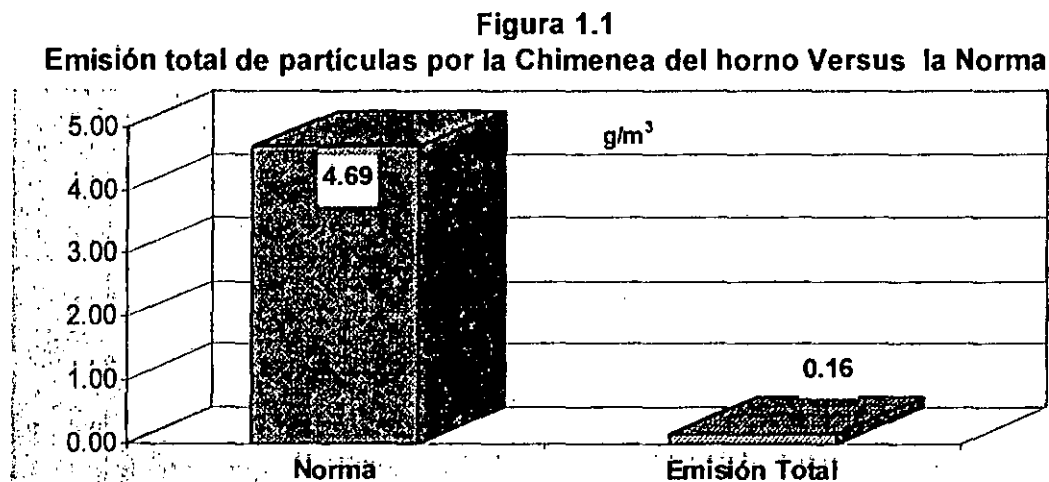
<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. EVALUACION DE EMISION EN HORNO INCINERADOR</b>	<b>3</b>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<b>4. TABLAS DE CAMPO</b>	<b>8</b>

## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA., mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea del horno incinerador TKF del CENTRO DE ZOONOSIS la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El trabajo de campo se realizó el día 20 de Enero del 2000. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea del horno incinerador fue de  $0.16 \text{ g/m}^3$ . La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento del horno es de  $4.69 \text{ g/m}^3$ .

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.



La chimenea del Horno Incinerador del CENTRO DE ZOONOSIS, posee una altura de 16.2 m. la altura mínima exigida según Decreto 02 de 1982 (Artículo 40), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea del horno cumple con la Norma de Altura mínima permisible.



## 2. EVALUACION DE EMISION EN HORNO INCINERADOR

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : CENTRO DE ZOONOSIS

Dirección : Carrera 9 No 27-07 Santiago de Cali

Teléfono : (092) 442-42-29

Fuente : Horno TKF - Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 16.2 m.

Diámetro : 0.545 m.

Area salida: 2.51 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 8.7 m.

Distancia B: 3.5 m.

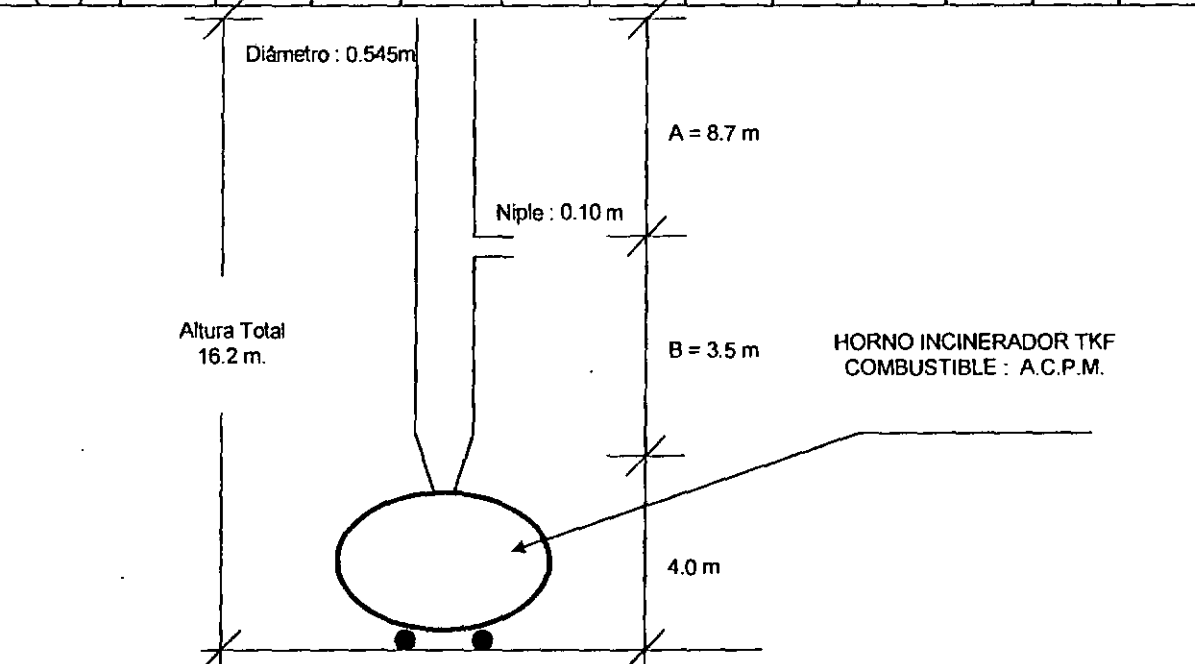
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 15.96

B/Diámetro : 6.42

Total de puntos: 16

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	3.2	10.5	19.4	32.3	67.7	80.6	89.5	96.8				
Marca (cm)	<1"	21.2	26.07	33.1	52.4	59.4	64.3	68.23	<1"			



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 6.2

%CO: 0.00421

%O<sub>2</sub>: 7.7

Bws (%): 3.0

Pbar (in Hg): 26.91

Tm (R): 540

Cp : 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 31

CNO<sub>x</sub> (ppm): 18

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	362	444	464	486	499	510					460.83 °F
Pg	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14					0.14
Δp	0.04	0.06	0.08	0.08	0.07	0.05					0.068

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 460.83 + 460$	$P_s = 26.91 + 0.14 / 13.6$	$P_m = 26.91 + 1 / 13.6$
$T_s = 949.75 \text{ R}$	$P_s = 26.92 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.98 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 86.09$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 29.3 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 28.96 \text{ g/g-mol}$		
$vs = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$vs = 1219.13 \text{ x ft/min}$		
$An1 = 0.5 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An1 = 0.000745 \text{ ft}^2$		
$An2 = 2.0 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An2 = 0.002982 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( X ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$vs = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$vs = 77.47 \text{ x } (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times vs$											
$Q_m = 3.624 \text{ x } (\Delta P)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	0.11
$Q_m$	0.36	0.51	0.62	0.72	0.81	0.88	0.95	1.025	1.08	1.14	1.20
$\Delta H$	0.33	0.66	0.99	1.32	1.65	1.99	2.32	2.65	2.98	3.31	3.64

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(\text{mL}) = 47.59$	$m_n(\text{g}) = 0.2069$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.14$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.064$
$T_s(\text{R}) = 1034.5$	$T_m(\text{R}) = 568.625$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 2.09$	$\theta(\text{min.}) = 60$
$As(\text{ft}^3) = 2.51$	$V_m(\text{ft}^3) = 47.434$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.92	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	27.06	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	42.63	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	2.24	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	43.356	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	4.99	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.30	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.74	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	19.95	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vsxAsx60$	3006.07	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times \left( \frac{T_{std}}{Ts} \right) \times \left( \frac{Ps}{Pstd} \right)$	1380.45	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} V}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} \times vsxAn}$	99.83	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	44.87	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} 29.92}{Psx528}$	97.71	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.004772	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.00211	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.402	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87, 88 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 87 D-02-1982	Norma de emisión aplicada "Incineradores" Incineradores con capacidad superior a 1 ton/día $E = 5 \text{ g/m}^3$	$5.0 \text{ g/m}^3$
Artículo 42	$\text{Emisión (E')} = 0.939 \times 5.0 \text{ g/m}^3$	$4.69 \text{ g/m}^3$
Norma de Emisión final corregida: $4.69 \text{ g/m}^3$		

#### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La emisión calculada para las condiciones de funcionamiento del horno incinerador del CENTRO DE ZOONOSIS, en unidades  $\text{g/m}^3$  se calcula así:  $C_{\text{ref}} = 0.004772 \text{ g/ft}^3 \times 1\text{ft}^3/0.0283 \text{ m}^3 = 0.16 \text{ g/m}^3$ , la norma de emisión calculada y corregida fue de  $4.69 \text{ g/m}^3$  comparando la emisión con la norma obtenemos que:

**Emisión ETP versus Norma**  
**0.16 g/m<sup>3</sup> <<< 4.69 g/m<sup>3</sup>**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982 artículo 87).

### **3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA**

La chimenea del horno incinerador del CENTRO DE ZOONOSIS, posee una altura de 16.2 m. la altura mínima exigida de acuerdo con el Decreto 02 de 1982 (Artículo 40), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : <u>Enero - 20 / 2000</u>		Empresa : <u>Centro de 20010515</u>	
Representante de la empresa : <u>Octavio Estrada</u>			
Representante de la comunidad :			
Representante de la empresa consultora : <u>Wilson Grajales</u>			
Hora inicial : <u>09:00</u>		Hora Final :	
<b>DATOS DE CAMPO</b>			
Altura de chimenea (m)	<u>16.20</u>	Diámetro interno (cm)	<u>54.5</u>
Diámetro boquilla (pulg)	<u>1/2</u>	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	<u>0.001363</u>
Distancia B (m)	<u>3.50</u>	Número de puntos	<u>16</u>
Presión barométrica		Temperatura ambiente	<u>27°C</u>
Chimenea procedente de :		Caldera	<u>Horno INCINERADOR</u>
Combustible empleado		A.C.P. r.r.	
Consumo		<u>8 Gal/H</u>	
Poder Calórico		<u>15200 Btu/Gal</u>	
Puntos	1	2	3
% diámetro	<u>3.2</u>	<u>10.5</u>	<u>11.4</u>
Distancia (X)	<u>&lt; 1"</u>	<u>21.22</u>	<u>26.07</u>
Factor de corrección de S - Pitot (Cp <sub>s</sub> )	<u>0.821</u>		
Volumen Inicial del agua (mL) (A)	<u>200.0</u>		
Volumen Final del agua (mL) (B)	<u>238.0</u>		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	<u>238 - 200 = 38</u>		
Peso inicial de sílica gel (g) (C)	<u>196.1635</u>		
Peso final de sílica gel (g) (D)	<u>205.7593</u>		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	<u>205.7593 - 196.1635 = 9.5958</u>		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	<u>38 + 9.5958 = 47.5958</u>		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	<u>0.5431</u>		
Peso final del papel filtro (g) (H)	<u>0.7154</u>		
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	<u>0.7154 - 0.5431 = 0.1723</u>		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	<u>40</u>		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	<u>58.5640</u>		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	<u>58.5988</u>		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	<u>58.5988 - 58.5640 = 0.0348</u>		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	<u>0.1723 + 0.0348 = 0.2071</u>		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	<u>0.0002</u>		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	<u>0.2071 - 0.0002 = 0.2069</u>		

60 kg / 1Hra material incinerado (cadáveres de perros)

A.C.P.M.

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO2 6.2			% CO 0.00421			% O2 7.7			
% N2 86.0952			SO2 (ppm) 31			NOx (ppm) 18			
Ts = Tm + 460 (°R) 920.83			Tm = Tm + 460 949.75			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.92			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98			W = 3%			Ms 28.961		HH = 29.30600	
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
PWC = 1.0320									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	362	444	464	486	499	510			460.83
Tm'	80	80	80	80	80	80			80
Pg	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14			0.14
Δp	0.04	0.06	0.08	0.08	0.07	0.05			0.0680
Qm: 3.63 V Δp	Vs: 7219.13 ft <sup>3</sup> /min			Boquilla a emplear 0.001363					
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 939.698					Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 987.132				
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm °R	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°R	°F-°R	°F-°R	°F-°R	"H <sub>2</sub> O		
1	0.04	0.14	468	83	80	541.5	1.32		
2	0.07	0.14	571	95	81	548	2.31		
3	0.09	0.14	582	107	82	554.5	2.97		
4	0.08	0.14	572	118	87	562.5	2.64		
5	0.08	0.14	614	125	90	567.5	2.64		
6	0.05	0.14	560	124	94	569	1.65		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.05	0.14	592	124	97	570.5	1.65		
2	0.07	0.14	610	132	99	575.5	2.31		
3	0.08	0.14	592	143	102	582.5	2.64		
4	0.07	0.14	595	145	105	585	2.31		
5	0.05	0.14	596	140	108	584	1.65		
6	0.03	0.14	542	138	108	583	0.99		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.0604	0.14	1034.5			568.64	2.09		

Δ1 = 0.00077577

γ<sub>1</sub> = 101.

Δ2 = 0.003103

Boquilla 1/2 pulg → Δ = 0.001363 → Qm = 3.68 V Δp



**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <u>Centro de zoonosis</u>		Fecha: <u>Ene - 2000</u>			
Nit: <u>800 187 324 - 8</u>		Dirección: <u>Cra 9 # 27-07</u>			
Barrio: <u>Industrial</u>	Comuna: <u>B</u>	Teléfono: <u>442 422-9</u>			
<b>Descripción del Proceso productivo</b>					
<u>Incineración de cadáveres de perro</u>					
<b>Determinación de las fuentes de emisión</b>					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>Horno INCINERADOR</u>	<u>partículas gases</u>	<u>A.C.P.M.</u>	<u>6 Hrs / día</u>		
<b><u>Observaciones</u></b>					
<b>Datos sobre la chimenea</b>					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>16.2 m</u>	<u>8.70 m</u>	<u>3.50 m</u>	<u>54.5</u>	<u>15 cm</u>	<u>NO</u>
<b><u>Observaciones:</u></b>					
<u>Se debe armar 2 cuerpos de andamio sobre el techo para llegar al punto de muestreo.</u>					

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de:

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Walter N. Fajardo  
Firma y cc 101471.935 B/mos c

La empresa monitoreada Centro de Zonas  
Firma y cc \_\_\_\_\_

La autoridad ambiental \_\_\_\_\_  
Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_  
Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día Enero 20/1999 de 1999, en las instalaciones de la  
empresa CENTRO DE ZONAS con el  
propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de Alfombras Incinerador  
actividad que fue iniciada a las 09:00 horas y culminada a las \_\_\_\_\_

Observaciones adicionales. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS  
PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA  
Febrero de 2000**

**CONTENIDO**

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA POWER MASTER 150 LB</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

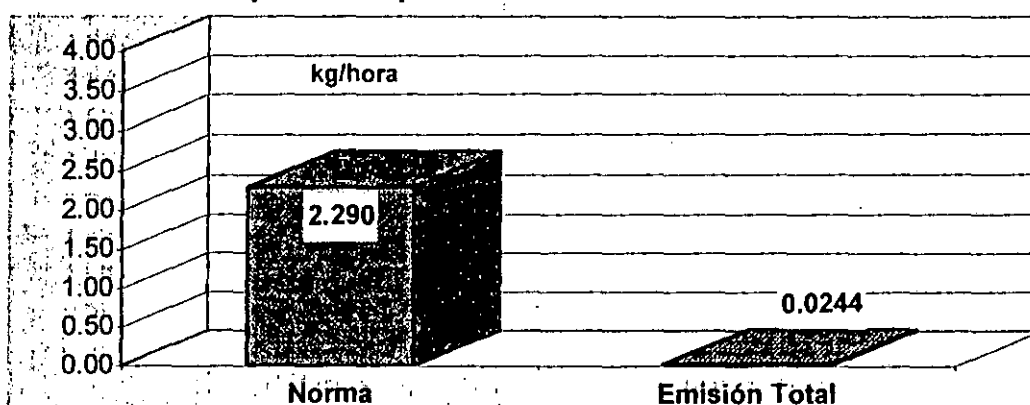
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA., mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera de la empresa PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA la cual utiliza como combustible A.C.P.M. y tiene una capacidad de 150 psi.

El trabajo de campo se realizó el día 11 de Enero del 2000. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 0.02441 Kg/h. La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 2.29 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA, posee una altura de 10.42 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA POWER MASTER 150 Lb

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA

Dirección : Carrera 7L No. 65-25 - Cali

Teléfono : (092) 663-14-46

Fuente : Caldera Power Master (40 BHP - 150 psi) - Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 10.42 m.

Diámetro : 0.30 m.

Area salida: 0.76 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 2.45 m.

Distancia B: 5.85 m.

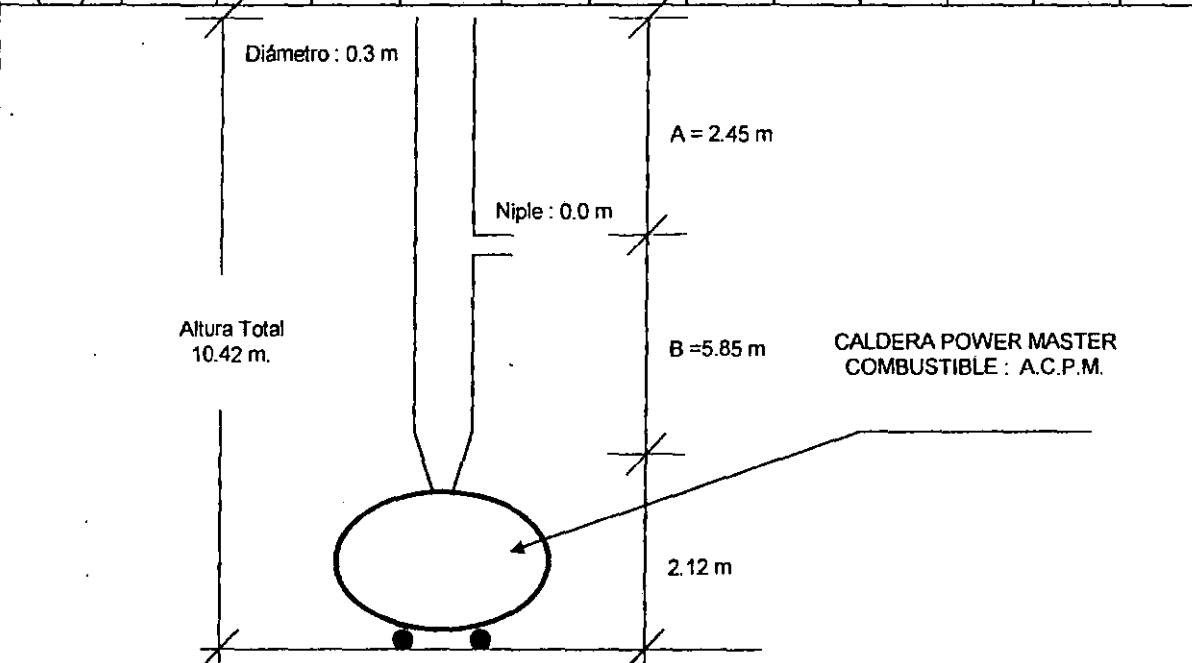
Longitud niple: 0.0 m.

A/Diámetro : 8.17

B/Diámetro : 19.5

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	1.32 <1"	4.38	8.8	21.1	25.6	28.6 <1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 12.9

%CO: 0.0040

%O<sub>2</sub>: 3.7

Bws (%): 4.0

Pbar (in Hg): 26.91

Tm (R): 537

Cp: 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 78

CNO<sub>x</sub> (ppm): 94

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	317	366	379	384							361.5 F
Pg	0.01	0.05	0.05	0.06							0.04
Δp	0.04	0.03	0.04	0.04							0.037

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 361.5 + 460$	$P_s = 26.91 + 0.04 / 13.6$	$P_m = 26.91 + 1 / 13.6$
$T_s = 821.5 \text{ R}$	$P_s = 26.91 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.98 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 83.39$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 30.21 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 29.72 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 823.37 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.000970 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 0.003881 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 71.13 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 2.886 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1	
$Q_m$	0.289	0.4	0.5	0.57	0.64	0.7	0.76	0.816	0.86	0.91	
$\Delta H$	0.21	0.42	0.63	0.84	1.05	1.26	1.47	1.68	1.89	2.1	

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_l(\text{mL}) = 61.6$	$m_n(\text{g}) = 0.0322$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.052$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.0346$
$T_s(\text{R}) = 823.5$	$T_m(\text{R}) = 552.625$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 0.71$	$\theta(\text{min.}) = 64$
$As(\text{ft}^2) = 0.761$	$V_m(\text{ft}^3) = 30.325$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.91	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.96	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	27.94	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K_1 \times (V_f - V_i) + K_2 \times (W_f - W_i)$	2.9	ft <sup>3</sup>

Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	28.413	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc}(std)}{V_{wc}(std) + V_m(std)}$	9.41	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	30.21	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	29.06	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{Ms \times Ps}} \right)$	13.4	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vs \times A \times 60$	611.91	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_s(std)$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	352.92	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{ss} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{ss} \times vs \times A \times n}$	99.65	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh}(std)$	$V_{gh}(std) = V_{wc}(std) + V_m(std)$	30.84	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh}(std) \times \frac{T_{ss} \times 29.92}{P_{ss} \times 528}$	53.47	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.001133	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.000602	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.02441	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87, 88 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71 D-02-1982	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.3125 $E = 4 \times (P)^{0.425} \quad 0.10 \leq P < 1.0$	2.43 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.939 \times 2.43 \text{ Kg./H}$	2.29 Kg./H
Artículos 74, 75	$E' = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	2.29 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 2.29 Kg./H		

#### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA, es de 2.29 Kg./H, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 0.02441 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:



**Emisión total de partículas ETP versus Norma de emisión de partículas**  
**0.02441 Kg/h <<< 2.29 kg/h**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

### **3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA**

La chimenea de la Caldera de la empresa PRODUCTORA DE ALIMENTOS ALADINO LTDA, posee una altura de 10.42 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE

-DAGMA-

PROYECTO : Realización de operativos de control de emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas en el municipio de Santiago de Cali.

Contratista : Unión Temporal Análisis Ambiental Ltda. Proinsa Ltda.

MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha: Enero 11- 2005		Empresa: Producción de Cemento										
Representante de la empresa: Yeid Amore M												
Representante de la autoridad ambiental:												
Representante de la empresa consultora: Wilson Erazo												
Hora inicial: 08:00		Hora Final:										
DATOS DE CAMPO												
Altura de chimenea (m) 10.42		Diámetro interno (cm) 30										
Diámetro boquilla (pulg) 7/16		Área boquilla (Pie²) 0.001043										
Distancia B (m) 5.85 $\frac{1}{5} = 19.5$		Distancia A (m) 2.45 $\frac{1}{5} = 3.15$										
Número de puntos 12		Tiempo/Punto 3										
Presión barométrica 26.71		Temperatura ambiente 25										
Chimenea procedente de:		Caldera <input checked="" type="checkbox"/> Horno <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>										
Combustible empleado		A.C.P. P.										
Consumo		10 Gl./hrs										
Poder Calórico		152,000 Btu/60L										
Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% diámetro	4.4	14.6	29.6	20.4	85.4	95.6						
Distancia (X)	1.32	4.38	8.88	21.12	25.62	28.68						
Factor de corrección de S - Pilot (Cp <sub>s</sub> )							0.821					
Volumen inicial del agua (mL) (A)							200.0					
Volumen Final del agua (mL) (B)							258.0					
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)							258 - 200 = 58					
Peso inicial de silica gel (g) (C)							196.0313					
Peso final de silica gel (g) (D)							199.6979					
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)							199.6979 - 196.0313 = 3.6666					
Volumen total de agua (mL) = (E+F)							58 + 3.6666 = 61.667					
Peso inicial del papel filtro (g) (G)							0.5474					
Peso final del papel filtro (g) (H)							0.5725					
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)							0.5725 - 0.5474 = 0.0251					
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)							40 mL					
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)							58.5640					
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)							58.5713					
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)							58.5713 - 58.5640 = 0.0073					
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)							0.0251 + 0.0073 = 0.0324					
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)							0.0002					
Peso neto de partículas (g) (S-P)							0.0324 - 0.0002 = 0.0322					

Producción 5 Tda / 16 Hrs

### DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA

% CO <sub>2</sub> 12.9	% CO 0.0040	% O <sub>2</sub> 3.7
% N <sub>2</sub> 83.395	SO <sub>2</sub> (ppm) : 78	NO <sub>x</sub> (ppm) 94
Ts = T'm + 460 (°R) 821.5	Tm = T'm + 460 537	Ps = Pbar + Pg/13.6
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98	W = 4%	Ms: 29.923

### DATOS MUESTREO PRELIMINAR

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	317	365	377	384					361.5
Tm'	77	77	77	77					77.0
Pg	0.01	0.05	0.05	0.06					0.0425
Δp	0.04	0.03	0.04	0.04					0.0372

Qm: 2.89 ldp Vs Boquilla a emplear 7/16 pul

### DATOS DURANTE EL MUESTREO

Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 697.722				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 728.043			
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O
1	0.04	0.06	299	81	77	539	0.61
2	0.03	0.05	366	90	75	544	0.61
3	0.04	0.05	384	98	82	550	0.61
4	0.04	0.05	389	101	86	555.5	0.61
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1	0.04	0.06	395	107	88	557.5	0.61
2	0.03	0.05	394	107	91	559	0.61
3	0.03	0.05	379	104	93	558.5	0.61
4	0.03	0.05	302	106	93	559.5	0.61
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
Promedio	0.0346	0.0525	823.5			552.225	0.71

$$\Delta_1 = 0.0009691$$

$$\Delta_2 = 0.003876$$

$$\text{Boquilla: } 7/16 \rightarrow a = 0.001043 \Rightarrow Q_m = 2.89 \text{ ldp}$$

$$T_m = 77.5$$

### DATOS DE LA FUENTE EMISORA

<b>FABRICA</b> Productora de Alimentos Alodino	<b>DIRECCIÓN</b> Cra 7 L # 65-25
<b>FOCO DE EMISIÓN</b> Caldera Powermaster	
<b>POTENCIA:</b> 150 LB 40 HP	
<b>COMBUSTIBLE</b> A.C.P.M	
<b>PODER CALORICO</b>	
<b>CONSUMO</b> 10 gal/h	
<b>CONTAMINANTES EMITIDOS:</b> Partículas - Gases de combustión	
<b>EQUIPO DE CONTROL:</b> No	
<b>UBICACIÓN PROCESO:</b> Ciudadela Industrial FEPICOL	
<b>DESCRIPCION DEL ACCESO AL SITIO DE MUESTREO:</b> Por el camino hasta circular de la Plataforma	
<b>DATOS DE PRODUCCION, CONSUMO Y FUNCIONAMIENTO DE LA FUENTE EL DÍA DEL MUESTREO</b>	
15 Abr 1982	

### Nomenclatura empleada :

- $A_n$  : Area de la boquilla ( $Pie^2$ ).
- $A_s$  : Area de la sección transversal del ducto o chimenea.
- $B_{ws}$  : Porcentaje de humedad en los gases, (% en volumen).
- $C_{(SO_2)}$  : Concentración de  $SO_2$  en los gases de emisión, (ppm).
- $C_{(NO_x)}$  : Concentración de  $NO_x$  en los gases de emisión, (ppm).
- $C_p$  : Coeficiente de calibración del tubo pilot-S.
- $C_s(std)$  : Concentración de partículas en condiciones standard, (528 °R, 29.92 Pulgada de. Hg) en  $g/pie^3$ .
- $C_{REF}$  : Concentración de partículas a condiciones de referencia.
- $C_{s(A)}$  : Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea ( $g/m^3$ ) o ( $g/pie^3$ ).
- $E_{(A)}$  : Emisión en chimeneas en condiciones de referencia, (kg/h).
- $E$  : Norma de emisión según Decreto 02/82 sin modificar y sin corregir, (kg. part/h, kg. part/ $10^6$  kcal).
- $E_m$  : Norma de emisión modificada por el factor K para corregir por altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).
- $E$  : Norma de emisión modificada y corregida por altura de chimenea, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).
- $H$  : Altura total de la chimenea (m).
- $H_f$  : Altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (msnm).
- $I$  : Isocinetismo, (%).
- $K_p$  : Constante del tubo pilot.
- $K_h$  : Constante de cálculo de humedad (0.04707  $Pie^3/ml$ ).

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. \_\_\_\_\_

Wilson N. Grajales Firma y cc 10.471.935 B/Abril c.

La empresa monitoreada \_\_\_\_\_

Yacel Arroyave M. Firma y cc 16.761.536 Cali

La autoridad ambiental. < \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad ✓ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 11 - Ene. 2000 de 2000, en las instalaciones de la empresa Productora de Alimentos Aladino Ltda con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la Caldera actividad que fue iniciada a las 08:00 horas y culminada a las 12:00

Observaciones adicionales. Se abrió hueco de 3 1/2 pulg  
para el punto tomamuestra

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Producto Alimentos Aladino</u>		Fecha: <u>Abril - 15 / 99</u>			
Nit: <u>890323600-5</u>		Dirección: <u>en 7LDH # 65-25</u>			
Barrio: <u>Los Corbaj</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>6631446-7</u>			
Descripción del Proceso productivo					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>Caldera y OH2</u>	<u>Partículas - gases</u>	<u>A.C. P.M</u>	<u>10-11- Ho/Lia</u>		
<u>Observaciones</u> <u>Arranque Lunes</u> <u>Arranque viernes →</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>10m</u>			<u>34cm</u> <u>P=106</u>	<u>NO</u>	<u>SI</u>
<u>Observaciones:</u> <u>Martha Vilwara Buisano</u> <u>Junio - 8-99</u> <u>Yasid Arrovarra</u> (informa a las 16:00 para cuando tiene listo el trabajo-muestras)					

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**CALIASFALTO E.I.C.**  
**Febrero de 2000**

**CONTENIDO**

<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. EVALUACION DE EMISION EN PLANTA DE ASFALTO</b>	<b>3</b>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
3.1 CÁLCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<b>4. TABLAS DE CAMPO</b>	<b>8</b>



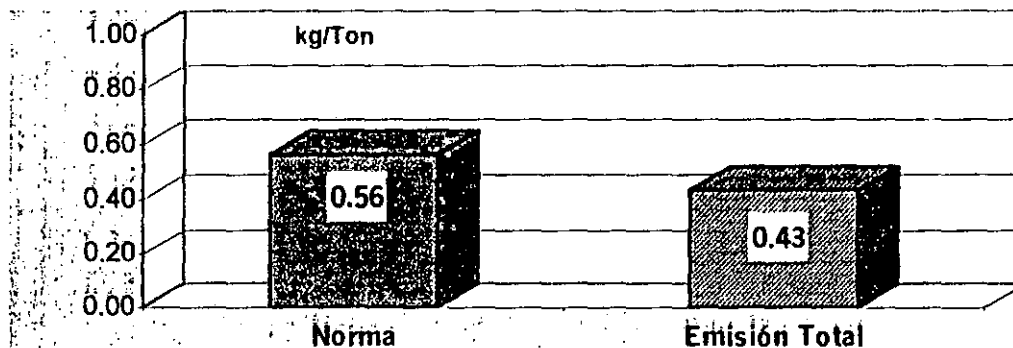
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión en la chimenea de la Planta de Asfalto de la empresa **CALIASFALTO E.I.C.** la cual utiliza como combustible Fuel Oil.

El trabajo de campo se realizó el día 18 de Enero del 2000. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la planta de asfalto es de 0.43 Kg/Ton, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (máxima producción) de la planta fue de 0.56 Kg/Ton.

Comparando la emisión total de partículas con la norma, se encuentra que la emisión de partículas (ETP) se encuentra por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por Chimenea de la Planta de Asfalto Versus la Norma**



La chimenea de la Planta de Asfalto de la empresa **CALIASFALTO E.I.C.**, posee una altura de 27 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la capacidad de producción según Decreto 02 de 1982 (Artículo 66), es de 20.0 metros. Por lo tanto se puede afirmar que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION EN PLANTA DE ASFALTO

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : CALIASFALTO E.I.C.

Dirección : Carrera 8 con carrera 70 Esquina - Santiago de Cali Teléfono : (092) 441-71-39

Fuente : Planta de Asfalto Tambor de Mezcla - Combustible FUEL OIL

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 27.0 m.

Diámetro : 0.7 m.

Area salida: 0.414 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 21.12 m.

Distancia B: 3.4 m.

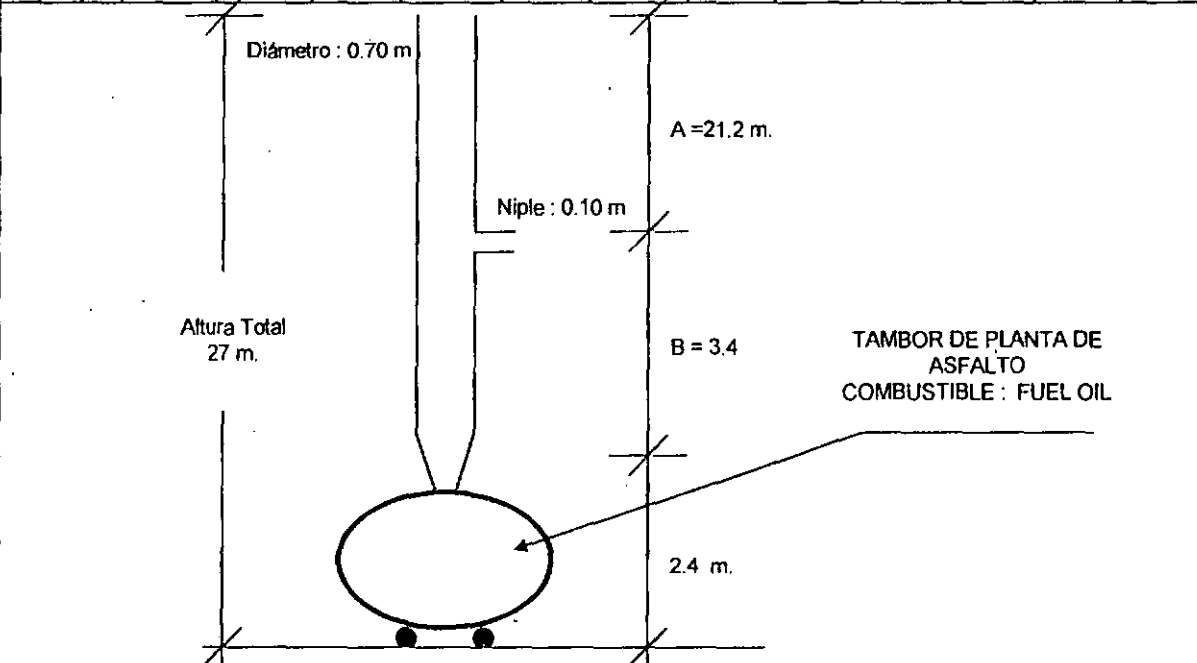
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 30.28

B/Diámetro : 4.85

Total de puntos: 24

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	2.1	6.7	11.8	17.7	25	35.6	64.4	75	82.3	88.2	93.3	97.9
Marca (cm)	<1"	14.69	18.26	22.39	27.5	34.92	55.08	62.5	67.61	71.74	75.31	<1"



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 8.1  
%CO: 0.053  
%O<sub>2</sub>: 11.9

Bws (%): 10.0  
Pbar (in Hg): 26.91  
Tm (R): 532

Cp : 0.821 Y: 1.07  
CSO<sub>2</sub> (ppm): 236  
CNO<sub>x</sub> (ppm): 128

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	123	128	134	126	126	128	128	130	128	126	128 °F
Pg	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Δp	0.54	0.73	0.82	0.86	0.8	0.64	0.62	0.63	0.65	0.62	0.683

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$   
 $T_s = 128 + 460$   
 $T_s = 588 \text{ R}$

$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$   
 $P_s = 26.91 + 0.02 / 13.6$   
 $P_s = 26.91 \text{ in Hg}$

$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$   
 $P_m = 26.91 + 1 / 13.6$   
 $P_m = 26.98 \text{ in Hg}$

$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 79.94$

$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$

$M_d = 29.77 \text{ g/g mol}$

$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$

$M_s = 28.595 \text{ g/g-mol}$

$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$

$v_s = 3043.53 \text{ x ft/min}$

$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$

$An_1 = 0.000202 \text{ ft}^2$

$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$

$An_2 = 0.000809 \text{ ft}^2$

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1,  $\phi = (1/2)"$ ,  $An = 0.001363 \text{ ft}^2$

( ) No. 4,  $\phi = (3/8)"$ ,  $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$

( ) No. 2,  $\phi = (5/16)"$ ,  $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$

( ) No. 5,  $\phi = (7/16)"$ ,  $An = 0.001043 \text{ ft}^2$

(X) No. 3,  $\phi = (1/4)"$ ,  $An = 0.000340 \text{ ft}^2$

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$

$v_s = 61.35 \times (\Delta p)^{0.5}$

$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$

$Q_m = 1.04 \times (\Delta P)^{0.5}$

$\Delta p$	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.8	0.9				
$Q_m$	0.74	0.77	0.81	0.84	0.87	0.93	0.99				
$\Delta H$	1.34	1.47	1.61	1.74	1.87	2.14	2.41				

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 111.7575$

$m_n(g) = 1.0408$

$P_g (\text{in H}_2\text{O}) = 0.02$

$\Delta p (\text{in H}_2\text{O}) = 0.7204$

$T_s(^{\circ}\text{R}) = 592.95$

$T_m(\text{R}) = 553.375$

$\Delta H (\text{in H}_2\text{O}) = 1.944$

$\theta (\text{min.}) = 60$

$A_s(\text{ft}^2) = 4.14$

$V_m (\text{ft}^3) = 48.823$

$Y = 1.07$

$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.91	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{bar} + (\Delta H / 13.6)$	27.05	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	45.08	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K_1 \times (I_f - V_i) + K_2 \times (W_f - W_i)$	5.26	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(std)} \times 537 / 528$	45.83	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	10.45	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2 + \%CO)$	29.77	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left(1 - \frac{(Bws)}{100}\right) + (0.18 \times Bws)$	28.54	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	52.34	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vsxAsx60$	13008.9	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	10419.1	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times q \times P_{sx} v_{sx} A_n}$	98.14	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	50.34	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	62.85	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.02270	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.01656	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	14.43	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87, 88 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículo 66 D-02/82	Norma de emisión aplicada "Plantas de Asfalto y Mezclas Asfálticas" zona urbana. Máxima capacidad de producción diaria (P)* Ton/día : 198.48 $E = 59.67 \times P^{-0.868} \quad 50 < P < 250$	0.60 Kg/Ton
Artículo 42	Emisión (E') = $0.939 \times 0.60 \text{ Kg/Ton}$	0.56 Kg/Ton
Norma de Emisión final corregida: 0.56 Kg./Ton		

\*La producción el día de muestreo fue de 41.36 tonelada en 1.25 Hora, equivalente a 33.08 Ton/Hora, Caliasfalto EIC presenta jornadas de trabajo de seis (6) Horas para una producción en tonelada día de 198.48.

#### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento de la planta de la empresa CALIASFALTO E.I.C., es de 0.56 Kg./Ton, la emisión total

de partículas (ETP) en Kg/Ton se calcula relacionando la emisión real por chimenea (kg/H) con su máxima producción (Ton/H) así:

Emisión = emisión por chimenea/Maxima producción =  $14.43/33.08 = 0.43$  Kg/Ton.

Comparando la norma, con la emisión total de partículas ETP se tiene que:

**Emisión ETP versus Norma**

**0.43 Kg/Ton < 0.56 Kg/Ton**

La emisión de material particulado ETP por chimenea se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982 artículos 66 y 67).

### **3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA**

La chimenea de la Planta de Asfalto de la empresa CALIASFALTO E.I.C., posee una altura de 27.0 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción (menor a 200 ton/día) y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 66), es de 20 metros. Por lo tanto se puede afirmar que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : 18 - Ene / 2000	Empresa : CALIASFALTO	4417139 / 40										
Representante de la empresa : Ing Edgar Peña												
Representante de la comunidad :												
Representante de la empresa consultora : Wilson Grajales												
Hora Inicial : 06:00	Hora Final : 12:11											
<b>DATOS DE CAMPO</b>												
Altura de chimenea (m) 27	Diámetro Interno (cm) 70	Área transversa (Pie <sup>2</sup> ) 4.14/2										
Diámetro boquilla (pulg) 1/4	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) 0.000340	Distancia A (m) 21.2 $\frac{A}{B} = 30.28$										
Distancia B (m) 3.40 $\frac{B}{A} = 4.85$	Número de puntos 24	Tiempo/Punto 3										
Presión barométrica 26.91	Temperatura ambiente 24											
Chimenea procedente de :	Caldera	Horno										
Combustible empleado	Fuel oil	Olro Pto de Asfalt										
Consumo	166 gal / 1.25 Hrs											
Poder Calórico	Nipl. : 10 cm											
Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% diámetro	2.1	6.7	11.8	17.7	25	35.6	64.4	75	82.3	88.2	93.3	97.9
Distancia (X)	< 1"	14.64	18.26	22.39	27.5	34.92	55.08	62.5	67.61	71.94	75.31	< 1"
Factor de corrección de S - Pilot (Cp <sub>s</sub> )		0.821										
Volumen inicial del agua (mL) (A)		200.										
Volumen Final del agua (mL) (B)		303										
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)		303 - 200 = 103										
Peso inicial de silica gel (g) (C)		196.4362										
Peso final de silica gel (g) (D)		205.1937										
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)		205.1937 - 196.4362 = 8.7575										
Volumen total de agua (mL) = (E+F)		103 + 8.7575 = 111.7575										
Peso inicial del papel filtro (g) (G)		0.5440										
Peso final del papel filtro (g) (H)		1.0357										
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)		1.0357 - 0.5440 = 0.4917										
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)		40										
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)		58.5640										
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)		59.1133										
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)		59.1133 - 58.5640 = 0.5493										
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)		0.4917 + 0.5493 = 1.041										
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)		0.0002										
Peso neto de partículas (g) (S-P)		1.041 - 0.0002 = 1.0408										

Producción del día 23.77 m<sup>3</sup> = peso 1740 kg<sub>m</sub> / 1.25 Hrs

Consumo de Combustible : 166 gal / 1.25 Hrs



DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA

% CO2 8.1	% CO 0.053	% O2 11.9
% N2 : 79.947	SO <sub>2</sub> (ppm) 236	NO <sub>x</sub> (ppm) 128
Ts = Tm + 460 (°R) 587.7	Tm = Tm + 460 532	Ps = Pbar + Pg/13.6
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98	W: 10%	Ms

DATOS MUESTREO PRELIMINAR

Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	123	128	134	126	126	128	128	130	128
Tm'	72	72	77	77	72	72	72	72	72
Pg	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Δp	0.54	0.73	0.82	0.86	0.80	0.64	0.62	0.63	0.65
Qm: 1.049V <sup>1</sup>	Vs		Boquilla a emplear 1/4						

DATOS DURANTE EL MUESTREO

Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 812.377				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 861.200			
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm'	ΔH
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O
1	0.55	0.02	125	74	72	533	1.47
2	0.75	0.02	127	78	72	535	2.01
3	0.85	0.02	128	85	73	539	2.28
4	0.85	0.02	128	92	74	543	2.28
5	0.80	0.02	130	96	75	545.5	2.15
6	0.65	0.02	130	99	77	548	1.74
7	0.65	0.02	131	102	78	550	1.74
8	0.65	0.02	133	107	79	553	1.74
9	0.70	0.02	133	110	81	555.5	1.88
10	0.75	0.02	136	111	83	557.0	2.01
11							
12							
1	0.75	0.02	137	112	83	557.5	2.01
2	0.70	0.02	134	108	85	558	1.88
3	0.70	0.02	134	106	85	555.5	1.88
4	0.65	0.02	134	110	85	557.5	1.74
5	0.65	0.02	135	114	86	560	1.74
6	0.65	0.02	136	115	87	561	1.74
7	0.80	0.02	137	118	88	563	2.15
8	0.85	0.02	136	122	89	565.5	2.28
9	0.80	0.02	137	124	90	567	2.15
10	0.75	0.02	138	126	91	568.5	2.01
11							
12							
Promedio	0.7203	0.02	592.25			553.375	1.944

A<sub>1</sub> = 0.0002019018

A<sub>2</sub> = 0.0008076071

Boquilla 1/4 : 0.000340 ft<sup>2</sup> Q<sub>m</sub> = 1.049V<sup>1</sup>

%T = 99.

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad ; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson N. Grajales

[Firma] Firma y cc 10477935 P/ANRS C.

La empresa monitoreada CALIASFALTO E. I. C.

Edugar Pérez G. Firma y cc Juan Edgar Pérez / 147943284

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 18. Enero de 2000, en las instalaciones de la empresa CALIASFALTO con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la planta de Asfalto actividad que fue iniciada a las 06:20 horas y culminada a las 09:00

Observaciones adicionales. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <u>Caliasalto</u>		Fecha: <u>4/19/99</u>			
Nit: <u>805.003.392-6</u>		Dirección: <u>Cra 8 calle 70</u>			
Barrio: <u>alfonso</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4417139</u> <u>4417140</u>			
Descripción del Proceso productivo					
<u>Producción de mezcla asfáltica</u>					
<b>Determinación de las fuentes de emisión</b>					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>planta de Asfalto</u>	<u>Particular - Gases</u>	<u>Fuel oil</u>	<u>1 hr / día</u>		
<b>Observaciones:</b>					
<u>A las 07:00 AM todos los días atornilla</u>					
<b>Datos sobre la chimenea</b>					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>27 m</u>	<u>21.2 m</u>	<u>3.4</u>	<u>70 cm</u>	<u>10 cm</u>	<u>NO</u>
<b>Observaciones:</b>					

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**BAVARIA S.A.**  
**Mayo de 1999**

**CONTENIDO**

<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA NO 1</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION CON LA NORMA	8
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	8
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>9</u>

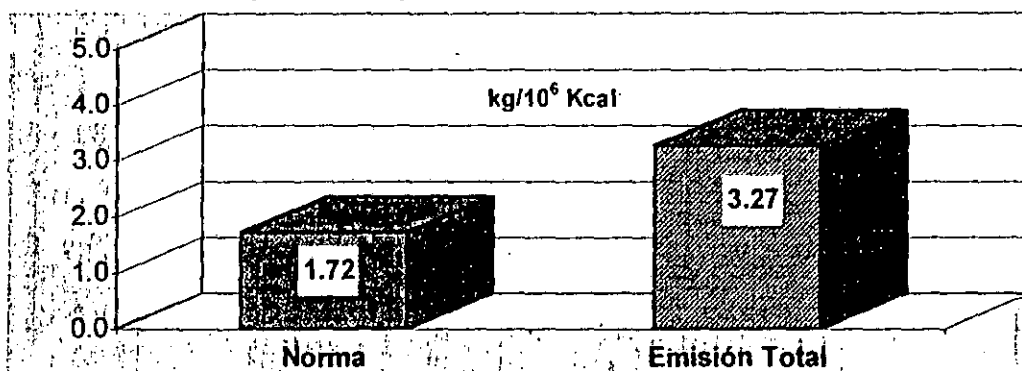
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA., mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la caldera distral de la empresa **BAVARIA S.A.** la cual utiliza como combustible Carbón.

El trabajo de campo se realizó el día 18 de Mayo de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de  $3.27 \text{ Kg}/10^6 \text{ Kcal}$ . La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento consumo de calor de la caldera evaluada fue de  $1.72 \text{ Kg}/10^6 \text{ Kcal}$ .

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra por encima de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

Figura 1.1  
Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma



La chimenea de la Caldera distral de la empresa BAVARIA S.A., posee una altura de 29.8 m. la altura mínima exigida de acuerdo con el consumo de calor según Decreto 02 de 1982 (Artículo 48), es de 16.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA No 1

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : BAVARIA S.A.

Dirección : Carrera 8 No. 30 - 49 - Cali

Teléfono : (092) 442-23-10

Fuente : Caldera distral - Carbón. Caldera No 1

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 29.8 m.

Diámetro : 1.50 m.

Area salida: 19.021 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 4.6 m.

Distancia B: 18.4 m.

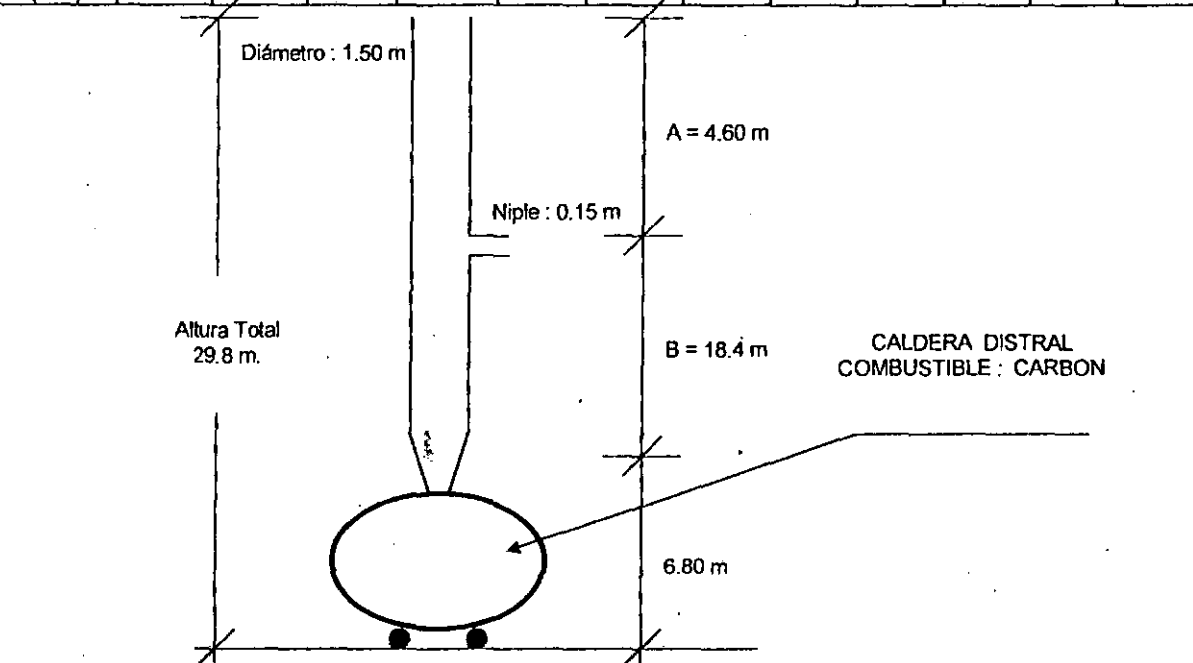
Longitud niple: 0.15 m.

A/Diámetro : 3.07

B/Diámetro : 12.27

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	21.6	36.9	59.4	120.6	143.1	158.4						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 8.49

%CO: 0.00

%O<sub>2</sub>: 8.66

Bws (%): 10

Pbar (in Hg): 26.53

Tm (R): 547.3

Cp : 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 301 Pwc: 1.293

CNO<sub>x</sub> (ppm): 122

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	310	319	362	374	334	321					336.67 °F
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01					0.01
Δp	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.04					0.0544

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$ $T_s = 336.67 + 460$ $T_s = 796.7^\circ R$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$ $P_s = 26.53 + 0.01 / 13.6$ $P_s = 26.53 \text{ in Hg}$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$ $P_m = 26.53 + 1 / 13.6$ $P_m = 26.60 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 100 - (8.49 + 0 + 8.66) = 82.85$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 8.49 \times 0.44 + 0 \times 0.28 + 8.66 \times 0.32 + 82.85 \times 0.28 = 29.7048 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 29.7048 \times (1 - 10 / 100) + 0.18 \times 10 = 28.534 \text{ g/g-mol}$		
$vs = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$vs = 85.49 \times 0.821 \times (0.0544 \times 796.7 / (28.534 \times 26.53))^{0.5} \times 60 = 1007.61 \text{ ft/min}$		
$An1 = 0.5 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An1 = 0.5 / ((1007.61 \times 547.3 \times 26.53 \times (1 - 10 / 100)) / (796.7 \times 26.6)) = 0.00079 \text{ ft}^2$		
$An2 = 2.0 / ((vs \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An2 = 2.0 / ((1007.61 \times 547.3 \times 26.53 \times (1 - 10 / 100)) / (796.7 \times 26.6)) = 0.00317 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$vs = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$vs = 85.49 \times 0.821 \times ((796.7 / 28.534 \times 26.53))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5} = 72.00 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times vs$											
$Q_m = 0.001043 (547.3 / 796.7) \times (26.53 / (26.6 - 1.293)) \times (1 - (10 / 100)) \times 60 \times 72 (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = 2.9 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.2
$Q_m$	0.92	0.98	1.02	1.06	1.1	1.14	1.18	1.2	1.24	1.27	1.3
$\Delta H$	2.22	2.5	2.7	2.9	3.18	3.4	3.6	3.8	4.0	4.32	4.5

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 110.4921$	$m_n(g) = 2.0061$	$P_g (\text{in H}_2\text{O}) = 0.01$	$\Delta p (\text{in H}_2\text{O}) = 0.180$
$T_s(^\circ R) = 792.083$	$T_m(^\circ R) = 561.333$	$\Delta H (\text{in H}_2\text{O}) = 3.98$	$\theta (\text{min.}) = 60$
$A_s(\text{ft}^2) = 19.021$	$V_m(\text{ft}^3) = 65.102$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.53	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.82	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} =$ $Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	58.74	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} =$ $K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	5.20	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(std)} \times 537 / 528$	59.74	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	8.13	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.70	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	28.75	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	30.36	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vs \times A_{sx} \times 60$	34653.66	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_{s(std)}$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times \left( \frac{T_{std}}{Ts} \right) \times \left( \frac{Ps}{Pstd} \right)$	20483.3	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times Ts \times \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \pi \times P_{sx} \times vs \times A_n}$	94.92	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	63.94	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{Ts \times 29.92}{Ps \times 528}$	108.17	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0335818	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.0185450	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	41.9754	kg/h



177

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

BAVARIA S.A. alimenta la caldera de su planta con carbón mineral, la reglamentación sanitaria en su Capítulo 4 Artículos 48-53 determina la norma de emisión de acuerdo al consumo de calor por hora en millones de Kilocalorías.

El día del muestreo, Mayo 18 de 1999, se consumieron 2.07 toneladas de carbón/hora.

El poder calórico se obtiene a partir de la información suministrada por BAVARIA S.A. Obteniendo un promedio de poder calórico de : 6200 cal/gr.

El calor liberado (CL) = se calcula relacionando consumo y poder calórico así :

Calor liberado = 2070 Kg./hora X 6200 calorías/gr. X 1000 g/Kg. X Kilocalorías/1000 Calorías.  
Calor liberado =  $12.834 \times 10^6$  Kcal/hora.

Aplicando el Artículo 49 para consumos mayores a 10 millones de Kilocalorías /hora, Zona urbana, se obtiene una norma de emisión ( E ) de :

$$E \text{ ( Kilos /} 10^6 \text{ Kilocalorías)} = 4.46 \times (P)^{-0.348}$$

Reemplazando obtenemos :

$$E = 1.83 \text{ Kilos } / 10^6 \text{ Kilocalorías}$$

Según el Artículo 42 del decreto 02/82, cuando una fuente está ubicada a una altura diferente del nivel del mar, debe modificarse la norma con la siguiente expresión:

$$E' = K \times E$$

$$\text{Donde } K = Pbh/760 + 0.04 H$$

Siendo:

E': norma de emisión modificada.

K = Factor de corrección por altitud.

Pbh = Presión barométrica del sitio en mm de Hg.

H = Altura sobre el nivel del mar en miles de metros.

Para el Municipio de Santiago de Cali, se tiene:

$$K = 683.4/760 + 0.04 \times 0.995 = 0.939$$

La Norma de emisión modificada según el artículo 42 será:

$$E' = 0.939 \times 1.83 \text{ Kilos } / 10^6 \text{ Kilocalorías}$$

$$E' = 1.72 \text{ Kilos } / 10^6 \text{ Kilocalorías}$$

Los Artículos 51 y 52 del Decreto 02/82, establecen factores de corrección de la norma de emisión para chimeneas con altura diferente a la altura de referencia. La corrección se realiza en la siguiente expresión:

$$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$$

E<sup>1</sup> = Emisión permisible corregida para una caldera con punto de descarga de altura h diferente a la altura de referencia.

E = Emisión permisible modificada por altitud sobre el nivel del mar = E'.

Δh = diferencia en metros entre la altura de referencia y la altura de descarga.

ΔE = Factor de corrección dado en el Artículo 51.

Reemplazando para la caldera Bacboc Wilcox de BAVARIA S.A. Obtenemos:

$$E^1 = 1.72 \text{ Kilos } / 10^6 \text{ Kilocalorías } \pm ((23.16) \text{ m} \times 0.0).$$

$$\underline{E^1 = 1.72 \text{ Kilos } / 10^6 \text{ Kilocalorías . Emisión final corregida.}}$$

### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION CON LA NORMA

La chimenea de BAVARIA S.A., presenta una emisión total ETP = 41.9754 kg./hora

La emisión en Kilocaloría / hora se calcula con la relación ETP / Calor liberado así :

Emisión =  $41.9754 \text{ Kg./hora} / 12.834 \times 10^6 \text{ Kcal/hora}$

Emisión =  $3.27 \text{ Kg./}10^5 \text{ Kcal.}$

La norma de emisión de partículas calculada y corregida para la chimenea de BAVARIA S.A. es 1.72 Kilos /  $10^6$  Kilocalorías, por lo tanto comparando la norma con la emisión se tiene:

**Emisión Vs. Norma**  
 **$3.27 \text{ Kg/ } 10^6 \text{ Kilocalorías} \ggg 1.72 \text{ Kilos /} 10^6 \text{ Kilocalorías}$**

La emisión de partículas (ETP) por chimenea encuentra por encima de norma (Decreto 02 de 1982 artículo 49).

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera Distral de la empresa BAVARIA S.A., posee una altura de 29.8 m. la altura mínima exigida de acuerdo con el consumo de calor según Decreto 02 de 1982 (Artículo 48), es como mínimo de 16.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de  
25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

442 26 07 Conmotodo

442 23 10 N/A 12/2

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

(distric)

Fecha : Mayo 18 97		Empresa : Elavisa S.A.											
Representante de la empresa : Luis Henry Mora													
Representante de la comunidad :													
Representante de la empresa consultora : Wilson Grajales													
Hora inicial : 14:00		Hora Final : 18:00											
<b>DATOS DE CAMPO</b>													
Altura de chimenea (m) 29.8	Diámetro interno (cm) 1.50	Área transversa (Pie <sup>2</sup> ) 19.02											
Diámetro boquilla (pulg) 2/16	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) 0.001043	Distancia A (m) 4.6 3.02											
Distancia B (m) 18.4 12.77	Número de puntos 12	Tiempo/Punto 5 min											
Presión barométrica 26.53	Temperatura ambiente 30°C	Humedad 15%											
Chimenea procedente de :	Caldera X #12	Horno	Otro										
Combustible empleado	Carbon												
Consumo	2.010 kg/h												
Poder Calórico													
Puntos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
% diámetro	4.4	10.4	29.4	70.4	95.4	15.6							
Distancia (X)	21.6	36.9	59.4	120.6	113.1	158.4							
Factor de corrección de S - Pilot (C <sub>ps</sub> )	0.871												
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0												
Volumen Final del agua (mL) (B)	202.0												
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	2.0												
Peso inicial de silica gel (g) (C)	195.3765												
Peso final de silica gel (g) (D)	202.0086												
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	6.6321												
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	110.6321												
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	1.0000												
Peso final del papel filtro (g) (H)	2.2212												
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	1.2212												
Volumen de Acelona en los lavados (mL) (I)	10.0												
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	200.0000												
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	200.0000												
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	0.0000												
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	1.2212												
Peso de cenizas en la acelona (g) (P)	0.0000												
Peso neto de partículas (g) (S-P)	1.2212												

Consumo de Carbon : 2.010 kg/h

Presión barométrica : 26.53

Peso de partículas : 6200 mg

Peso de cenizas : 0.0000

cc

L.A.

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO <sub>2</sub> 8.49			% CO 0.00			% O <sub>2</sub> 8.66			
% N <sub>2</sub> 82.85			SO <sub>2</sub> (ppm) 32.1			NO <sub>x</sub> (ppm) 12.2			
Ts = Tm + 460 (°R) 796.67			Tm = Tm + 460 547.33			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.6			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.6			W 10%			Ms 28.5343 H <sub>2</sub> O 29.7048			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	310	319	367	374	334	321			336.67
Tm'	87	87	87	87	87	87			87.33
Pg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01			0.01
Δp	0.09	0.08	0.06	0.05	0.03	0.04			0.0544
Qm: 2.9567 V <sub>AD</sub>			Vs			Boquilla a emplear 7/16			
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen Inicial (Pie <sup>3</sup> ) 264.843				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 277.111					
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.17	0.01	274	96	84	550	3.67		
2	0.16	0.01	332	101	86	553.5	3.64		
3	0.13	0.01	357	108	87	557.5	2.96		
4	0.17	0.01	362	108	89	558.5	3.87		
5	0.14	0.01	351	113	90	561.5	3.18		
6	0.15	0.01	368	117	92	564.5	3.41		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.11	0.01	342	118	93	565.5	2.50		
2	0.19	0.01	354	112	93	567.5	2.04		
3	0.25	0.01	346	117	92	564.5	4.32		
4	0.30	0.01	321	120	93	566.5	6.89		
5	0.27	0.01	315	117	94	565.5	6.14		
6	0.22	0.01	310	117	95	566	5.0		
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.1807	0.01	342.083			561.72	3.9225		

A<sub>1</sub> = 0.00079486

% E = 9%

A<sub>2</sub> = 0.00317945Boquilla: 7/16 → A: 0.001043 → Qm: 2.9567 V<sub>AD</sub>

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson Grajales  
[Firma] Firma y cc 10471935 B/Aires c.

La empresa monitoreada BAVARIA S.A. Cerveceria Cali  
LUIS HENRY MERA Firma y cc \_\_\_\_\_

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_  
Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_  
Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 18 de Mayo de 1999, en las instalaciones de la  
empresa Bavaria. Cerveceria de Cali con el  
propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de La Caldera DISTAL  
actividad que fue iniciada a las 14:00 horas y culminada a las 18:00

Observaciones adicionales. \_\_\_\_\_

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <i>Bavaria S.A. Cerveceria Cali</i>		Fecha: <i>Abril 1999</i>			
Nit: <i>860 000 57 24-6</i>		Dirección: <i>Cra 8 # 30-99</i>			
Barrio: <i>Industrial</i>	Comuna: <i>B</i>	Teléfono: <i>4422609-2310</i>			
Descripción del Proceso productivo					
<i>Elaboración de cerveza y jugos</i>					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<i>1 caldera BABCock wilcox</i>	<i>material particulado Gases de Combustión</i>	<i>Carbón mineral</i>	<i>24 H/m</i>		
<i>2 Distral</i>	<i>material particulado Gases de Combustión</i>	<i>Carbón mineral</i>	<i>24 H/m</i>		
Observaciones					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<i>1 231/6 m</i>	<i>2.7 m</i>	<i>12.2 m</i>	<i>2 m</i>	<i>9 cm</i>	<i>Si</i>
<i>2 29.8 m</i>	<i>4.6 m</i>	<i>18.4 m</i>	<i>1.5 m</i>	<i>15 cm</i>	<i>Si</i>
Observaciones:					



# Proinsa Ltda.

PROYECTOS DE INGENIERIA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

- Estudios de Impacto Ambiental.
- Contaminación Atmosférica.
- Tratamiento de aguas.
- Desechos Sólidos.
- Gestión Municipal.

DATOS TECNICOS						
	Chimenea 1	Chimenea 2	Chimenea 3	Chimenea 4	Chimenea 5	Chimenea 6
Marca	BOGCOCK	DISTAL				
Modelo						
Operación	AUTOMATICA	Automatica				
Capacidad	60 000					
Libras de vapor - hora	60 000					
Presión de trabajo PSI.	200					
Presión prueba hidrostática (PSI)						
Consumo de combustible	28000 kg/dia	207 Tds	de Carbon/Hora			
Tipo de combustible	CARBON	CARBON				
Atomización						
Horas de trabajo diaria	24	24				
Promedio de consumo de combustible mensual						
Poder Calórico del combustible						
Diámetro	2 m	1.5 m				
Altura A	2.7 m	4.6 m				
Altura B	12.2 m	18.4 m				
Longitud niple	7 cm	15 cm				
Altura de chimenea	23.16 m	29.8 m				

Producción del día  
Trabajo 5.5 días/semana en promedio

## EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS

BAVARIA S.A.

Febrero del 2000

### CONTENIDO

1. RESUMEN	2
2. EVALUACION DE EMISION CALDERA NO 2 BACBCOCK	3
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES	6
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION CON LA NORMA	8
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	8
4. NOMENCLATURA, PARÁMETROS Y UNIDADES	9
5 TABLAS DE CAMPO	11

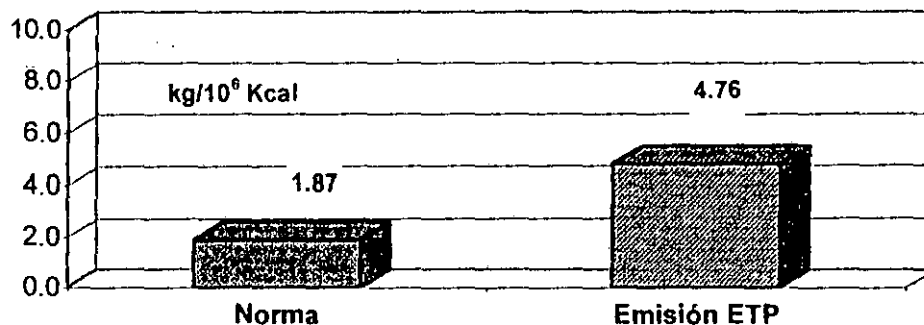
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la Caldera No 2 Babcock de la empresa BAVARIA S.A. la cual utiliza como combustible Carbón.

El trabajo de campo se realizó el día 14 de Enero de 1999. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de  $4.76 \text{ Kg}/10^6 \text{ Kcal}$ . La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de  $1.87 \text{ Kg}/10^6 \text{ Kcal}$ .

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra por encima de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera No 2, Baxbcock de la empresa **BAVARIA S.A.**, posee una altura de 23.16 m. la altura mínima exigida de acuerdo con el consumo de calor por hora según Decreto 02 de 1982 (Artículo 48), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la altura de la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA No 2 BACBCKOCK

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : BAVARIA S.A.

Dirección : Carrera 8 No. 30 - 49 - Cali

Teléfono : (092) 331 30 00

Fuente : Caldera Bacbcock - Combustible Carbón.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 23.16 m.

Diámetro : 2.0 m.

Area salida: 33.81 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 2.7 m.

Distancia B: 12.2 m.

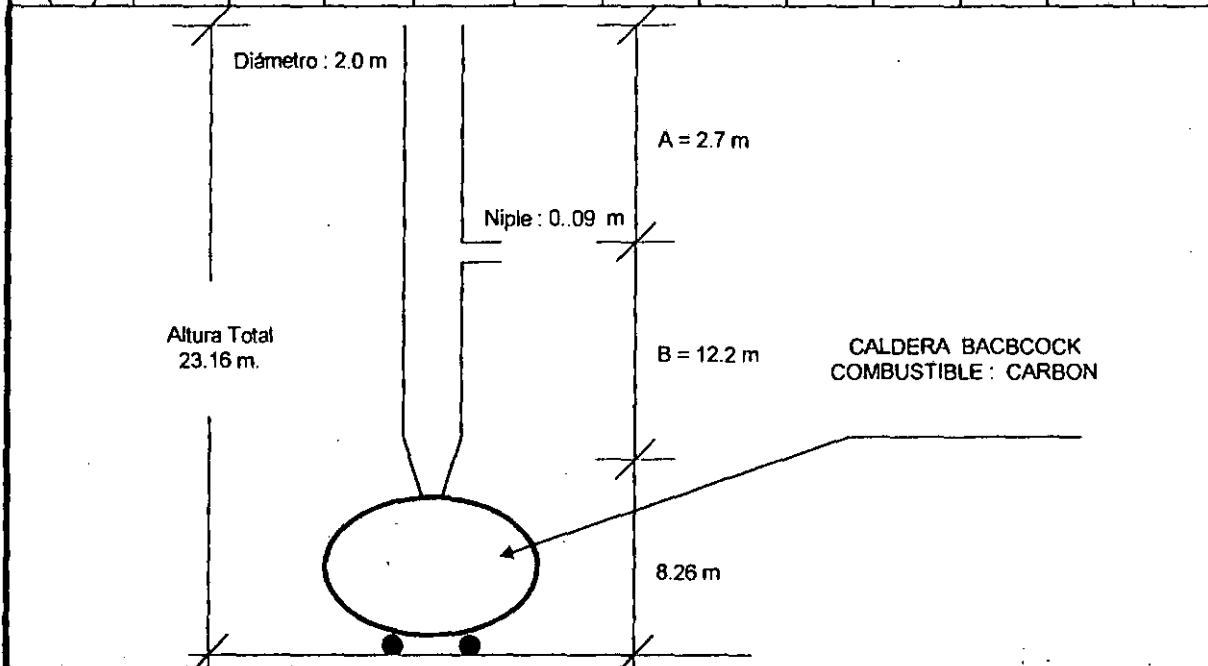
Longitud niple: 0.09 m.

A/Diámetro : 1.35

B/Diámetro : 6.1

Total de puntos: 20

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	2.6	8.2	14.6	22.6	34.2	65.8	77.4	85.4	91.8	97.8		
Marca (cm)	14.2	25.4	38.2	54.2	77.4							



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 5.4

%CO: 0.548

%O<sub>2</sub>: 14.9

Bws (%): 9

Pbar (in Hg): 26.91

Tm (R): 546.0

Cp : 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 89

CNO<sub>x</sub> (ppm): 314

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	219	238	246	254	259	227	231	236	246	249	240.5 °F
Pg	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.07	0.06
Δp	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05

189

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 240.5 + 460$	$P_s = 26.91 + 0.062 / 13.6$	$P_m = 26.91 + 1 / 13.6$
$T_s = 700.5 \text{ R}$	$P_s = 26.91 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.98 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 79.152$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 29.46 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 28.429 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 733.06 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.000964 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 0.003856 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	( ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	(X) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$											
$v_s = 67.16 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$											
$Q_m = 3.109 \times (\Delta p)^{0.5}$											
$\Delta p$	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12
$Q_m$	0.44	0.538	0.622	0.695	0.761	0.822	0.879	0.933	0.983	1.031	1.077
$\Delta H$	0.49	0.73	0.97	1.22	1.46	1.7	1.95	2.19	2.43	2.68	2.92

## 2.6 DATOS OBTENIDOS DURANTE EL MUESTREO

$V_{lc}(\text{mL}) = 154.4459$	$m_n(\text{g}) = 1.4532$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.0515$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.355$
$T_s(\text{R}) = 716.5$	$T_m(\text{R}) = 565.525$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 0.877$	$\theta(\text{min.}) = 100$
$As(\text{ft}^2) = 33.816$	$V_m(\text{ft}^3) = 49.119$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.91	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	26.97	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_m \times (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	44.24	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	7.27	ft <sup>3</sup>

190

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	44.99	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	14.11	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.46	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	27.84	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	12.93	ft/S
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Qs(A)$	$Qs(A) = vs \times A \times 60$	26226.89	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Qs(std)$	$Qs(std) = Qs(A) \times (Tstd / Ts) \times (Ps / Pstd)$	17385.12	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mx} Y}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} \times v_{sx} \times A_n}$	96.12	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $Vgh(std)$	$Vgh(std) = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	51.51	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $Vgh(A)$	$Vgh(A) = Vgh(std) \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	77.7	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0322	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $Cs(A)$	$Cs(A) = \left( m_n / Vgh(A) \right)$	0.01870	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E(A)$ a condiciones de referencia	$E(A) = C_{REF} \times Qs(std) \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	34.264	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

BAVARIA S.A. alimenta la caldera Bacbacok Wilcox de su planta con carbón mineral, la reglamentación sanitaria en su Capítulo 4 Artículos 48-53 determina la norma de emisión de acuerdo al consumo de calor por hora en millones de Kilocalorías.

El día del muestreo, Enero 14 del 2000, se consumieron 1.16 toneladas de carbón/hora.

El poder calórico se obtiene a partir de la información suministrada por BAVARIA S.A. Obteniendo un promedio de poder calórico de : 6200 cal/gr.

El calor liberado (CL) se cálculo relacionando consumo y poder calórico así:

Calor liberado (CL)= 1160 Kg./hora x 6200 calorías/gr. x 1000 g/Kg. x Kilocalorías/1000 Calorías.  
Calor liberado =  $7.19 \times 10^6$  Kcal/hora.

Aplicando el Artículo 49 para consumos menores a 10 millones de Kilocalorías /hora, Zona urbana, se obtiene una norma de emisión ( E ) de :

$$E \text{ ( Kilos /}10^6 \text{ Kilocalorías)} = 2.0$$

Según el Artículo 42 del decreto 02/82, cuando una fuente está ubicada a una altura diferente del nivel del mar, debe modificarse la norma con la siguiente expresión:

$$E' = K \times E$$

Donde  $K = Pbh/760 + 0.04 H$

Siendo:

$E'$ : norma de emisión modificada.

$K$  = Factor de corrección por altitud.

$Pbh$  = Presión barométrica del sitio en mm de Hg.

$H$  = Altura sobre el nivel del mar en miles de metros.

Para el Municipio de Santiago de Cali, se tiene:

$$K = 683.4/760 + 0.04 \times 0.995 = 0.939$$

La Norma de emisión modificada según el artículo 42 será:

$$E' = 0.939 \times 2.0 \text{ Kilos } /10^6 \text{ Kilocalorías}$$

$$E' = 1.87 \text{ Kilos } /10^6 \text{ Kilocalorías}$$

Los Artículos 51 y 52 del Decreto 02/82, establecen factores de corrección de la norma de emisión para chimeneas con altura diferente a la altura de referencia. La corrección se realiza en la siguiente expresión :

$$E^1 = E + /-(\Delta h \times \Delta E)$$

$E^1$  = Emisión permisible corregida para una caldera con punto de descarga de altura  $h$  diferente a la altura de referencia.

$E$  = Emisión permisible modificada por altitud sobre el nivel del mar =  $E'$ .

$\Delta h$  = diferencia en metros entre la altura de referencia y la altura de descarga.

$\Delta E$  = Factor de corrección dado en el Artículo 51.

Reemplazando para la caldera Bacbco Wilcox de BAVARIA S.A. Obtenemos :

$$E^1 = 1.87 \text{ Kilos } /10^6 \text{ Kilocalorías } + /-(23.16 \text{ m} \times 0.0).$$

$$\underline{E^1 = 1.87 \text{ Kilos } /10^6 \text{ Kilocalorías . Emisión final corregida.}}$$



### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION CON LA NORMA

La chimenea de BAVARIA S.A., presenta una emisión total ETP = 34.264 kg./hora.

La emisión en Kilocaloría / hora se calcula con la relación ETP / Calor liberado así :

Emisión =  $34.264 \text{ Kg./hora} / 7.19 \times 10^6 \text{ Kcal/hora}$ .

Emisión =  $4.76 \text{ Kg.} / 10^5 \text{ Kcal}$ .

La norma de emisión de partículas calculada y corregida para la chimenea de la Caldera Babcock Wilcox de BAVARIA S.A. es 1.87 Kilos /  $10^6$  Kilocalorías, por lo tanto comparando la norma con la emisión se tiene:

#### Emisión Vs. Norma

$4.76 \text{ Kg} / 10^6 \text{ Kilocalorías} \ggg 1.87 \text{ Kilos} / 10^6 \text{ Kilocalorías}$

La emisión calculada se encuentra por encima de la norma vigente.

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera Babcock Wilcox de la empresa BAVARIA S.A., posee una altura de emisión de 23.16 m. la altura mínima exigida de acuerdo con el consumo de calor -hora según Decreto 02 de 1982 (Artículo 48), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. NOMENCLATURA, PARÁMETROS Y UNIDADES

- An** : Área de la boquilla ( $\text{Pie}^2$ ).
- As** : Área de la sección transversal del ducto o chimenea.
- B<sub>ws</sub>** : Porcentaje de humedad en los gases, (% en volumen).
- C<sub>(SO<sub>2</sub>)</sub>** : Concentración de  $\text{SO}_2$  en los gases de emisión, (ppm).
- C<sub>(NO<sub>x</sub>)</sub>** : Concentración de  $\text{NO}_x$  en los gases de emisión, (ppm).
- Cp** : Coeficiente de calibración del tubo pitot-S.
- Cs(std)** : Concentración de partículas en condiciones standard, (528 °R, 29.92 Pulgada de. Hg) en  $\text{g}/\text{pie}^3$ .
- C<sub>REF</sub>** : Concentración de partículas a condiciones de referencia.
- Cs(A)** : Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea ( $\text{g}/\text{m}^3$ ) o ( $\text{g}/\text{pie}^3$ ).
- E<sub>(A)</sub>** : Emisión en chimeneas en condiciones de referencia, (kg/h).
- E** : Norma de emisión según Decreto 02/82 sin modificar y sin corregir, (kg. part/h, kg. part/ $10^6$  kcal).
- Em** : Norma de emisión modificada por el factor K para corregir por altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).
- E'** : Norma de emisión modificada y corregida por altura de chimenea, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).
- H** : Altura total de la chimenea (m).
- Hf** : Altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (msnm)
- I** : Isocinetismo, (%).
- Kp** : Constante del tubo pitot.
- K<sub>1</sub>** : Constante de cálculo de humedad (0.04707  $\text{Pie}^3/\text{ml}$ ).
- K<sub>2</sub>** : Constante de cálculo de humedad (0.04715  $\text{Pie}^3/\text{g}$ ).
- K<sub>3</sub>** : Constante formula de isocinetismo, (0.002669 pulg. Hg  $\text{pie}^3/(\text{ml } ^\circ\text{K})$ ).
- Md** : Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base seca, ( $\text{g}/\text{g-mol}$ ) o ( $\text{lb}/\text{lb-mol}$ ).
- Ms** : Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda ( $\text{g}/\text{g-mol}$ ) o ( $\text{lb}/\text{lb-mol}$ ).
- Mw** : Peco molecular del agua, (18.0  $\text{g}/\text{g-mol}$ ) o  $\text{lb}/\text{lb-mol}$ .
- m<sub>n</sub>** : Cantidad total de partículas colectadas (mg, g ).
- Pg** : Presión estática en la chimenea, (mm  $\text{H}_2\text{O}$ ) o (pulg  $\text{H}_2\text{O}$ ).
- Pbar** : Presión barométrica en el sitio de muestreo. (mm Hg) o (Pulg Hg).
- Ps** : Presión absoluta de los gases de emisión (mm Hg) o (Pulg Hg).
- Pstd** : Presión estándar absoluta, (760 mm Hg) o ( 29.92 pulg. Hg).
- Pm** : Presión absoluta del medidor de gases secos, (mm Hg) o (pulg Hg).
- Q(std)** : Caudal de los gases a condiciones estándar en la chimenea, ( $\text{Pie}^3/\text{min}$ ).

**Qs(A)**: Caudal de los gases a condiciones de chimenea ( $\text{Pie}^3/\text{min}$ ).  
**R**: Constante de los gases ideales ( $0.06236 \text{ mm Hg m}^3/\text{°K g-mol}$ ).  
**Ts**: Temperatura absoluta de los gases en la chimenea ( $\text{°K}$ ) o ( $\text{°R}$ ).  
**Tstd**: Temperatura absoluta estándar ( $293 \text{ °K}$ ) o ( $528 \text{ °R}$ ).  
**Tm**: Temperatura absoluta del medidor de gases secos ( $\text{°K}$ ) o ( $\text{°R}$ ).  
**ts**: temperatura de los gases en la chimenea ( $\text{°C}$ ) o ( $\text{°F}$ ).  
**Vlc**: Volumen total del agua condensada, (mL).  
**Vm**: Volumen de gas seco medido a condiciones de medidor, ( $\text{m}^3$ ) o ( $\text{pie}^3$ ).  
**Vm<sub>(std)</sub>**: Volumen de gas seco medido a condiciones standard, ( $\text{m}^3$ ) o ( $\text{pie}^3$ ).  
**Vi**: Volumen inicial del agua en los impactadores (mL).  
**Vf**: Volumen final del agua en los impactadores (mL).  
**Vwc<sub>(std)</sub>**: Volumen de agua recogida en el muestreador de gas en condiciones estándar ( $\text{m}^3$ ) o ( $\text{pie}^3$ ).  
**Vgh<sub>(std)</sub>**: Volumen de gas húmedo en condiciones estándar ( $\text{pie}^3$ ).  
**Vgh<sub>(A)</sub>**: Volumen de gas húmedo en condiciones de medidor ( $\text{pie}^3$ ).  
**vs**: Velocidad promedio del gas en chimenea, (m/s) o (pie/s).  
**Wi**: Peso inicial de la sílica gel, (g).  
**Wf**: Peso final de la sílica gel, (g).  
**Y**: Factor de calibración del medidor de gas seco.  
 **$\Delta p$** : Cabeza de velocidad del gas en la chimenea (mm  $\text{H}_2\text{O}$ ) o (Pulg  $\text{H}_2\text{O}$ )  
 **$\Delta H$** : Presión diferencial a través de la placa de orificio, (mm  $\text{H}_2\text{O}$ ) o (Pulg  $\text{H}_2\text{O}$ )  
 **$\theta$** : Tiempo total de muestreo, (min).  
 **$\rho_w$** : Densidad del agua ( $0.9982 \text{ g/mL}$ ) o ( $0.002201 \text{ lb/mol}$ )  
**%CO**: Porcentaje de Monóxido de carbono en los gases de emisión (% en volumen).  
**%CO<sub>2</sub>**: Porcentaje de Dióxido de carbono en los gases de emisión (% en volumen).  
**%O<sub>2</sub>**: Porcentaje de Oxígeno en los gases de emisión (% volumen).  
**%N<sub>2</sub>**: Porcentaje de Nitrógeno en los gases de emisión (% en volumen).  
**C(SO<sub>2</sub>)**: Concentración dióxido de azufre a condiciones de referencia (lb/pie<sup>3</sup>)  
**N**: Normalidad del cloruro de Bario  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$   
**Vt**: Volumen de  $\text{Ba}(\text{ClO}_4)_2$  gastado en la titulación de la muestra (mL)  
**Vtb**: Volumen gastado en la titulación del blanco (mL).  
**Vsol**: Volumen total de solución de dióxido de azufre (mL).  
**Va**: Volumen de la alícuota titulada (mL).  
**Vmce**: Volumen de gases muestreados a condiciones estándar ( $\text{pie}^3$ )  
**C(NA)**: Concentración de neblina ácida a condiciones de referencia (lb/pie<sup>3</sup>)  
**C**: Cenizas recogidas en ciclón (kg/hora).  
**EF**: Eficiencia de recogida de cenizas en ciclón. (%)

## 5 TABLAS DE CAMPO

## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE

-DAGMA-

PROYECTO : Realización de operativos de control de emisiones atmosféricas generadas por fuentes fijas en el municipio de Santiago de Cali.

Contratista : Unión Temporal Análisis Ambiental Ltda. Proinsa Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : Ene. 14 - 12000		Empresa : BAVARIA S.A.	
Representante de la empresa : GERARDO BARRA			
Representante de la autoridad ambiental : Jairo A. Pulgarin			
Representante de la empresa consultora : Wilson N. Grajales			
Hora inicial : 08:30		Hora Final :	
<b>DATOS DE CAMPO</b>			
Altura de chimenea (m)	23.16	Diámetro interno (cm)	200
Diámetro boquilla (pulg)	3/16	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	0.001043
Distancia B (m)	12.3	Número de puntos	20
Presión barométrica	26.91	Temperatura ambiente	29
Chimenea procedente de :	Caldera	Horno	Otro
Combustible empleado	CARBON		
Consumo	2070 kg/H		
Poder Calórico	6200 BTU/H		
Puntos	1	2	3
% diámetro	2.6	8.2	14.6
Distancia (X)	14.2	35.4	38.2
Factor de corrección de S - Pitot (C <sub>ps</sub> )	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200		
Volumen Final del agua (mL) (B)	346		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A) = E	346 - 200 = 146		
Peso inicial de silica gel (g) (C)	196.4653		
Peso final de silica gel (g) (D)	204.9112		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	204.9112 - 196.4653 = 8.4459		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	146 + 8.4459 = 154.4459		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.5683		
Peso final del papel filtro (g) (H)	1.7203		
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	1.7203 - 0.5683 = 1.1516		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	60 ml		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5640		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.8459		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	58.8459 - 58.5640 = 0.2819		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	1.1516 + 0.2819 = 1.4335		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	1.4335 - 0.0002 = 1.4332		

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO2 5.4			% CO 0.548			% O2 114.9			
% N2 79.152			SO2 (ppm) 89			NOx (ppm) 314			
Ts = Tm + 460 (°R) 700.5			Tm = Tm + 460 548			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.91			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98			W 9%.			Ms 1			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
pwc = 1.1750									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	219	238	246	254	259	227	231	236	246
Tm'	81	82	82	82	83	86	86	86	86
Pg	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.06	0.05	0.06	0.06
Δp	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.02	0.02	0.03	0.04
Qm :	Vs			Boquilla a emplear					
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie³) 759.015					Volumen Final (Pie³) 809.134				
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H2O	"H2O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H2O		
1	0.03	0.04	238	85	84	546.5	0.46		
2	0.04	0.04	250	90	84	547.0	0.94		
3	0.04	0.05	258	98	86	552.0	0.96		
4	0.04	0.05	260	104	88	556	0.94		
5	0.05	0.06	265	110	90	560	1.17		
6	0.05	0.06	267	115	93	564	1.17		
7	0.05	0.06	266	121	92	568.5	1.17		
8	0.03	0.05	261	120	99	569.5	0.70		
9	0.03	0.05	264	117	101	569	0.70		
10	0.02	0.04	253	115	101	568	0.46		
11									
12									
1	0.03	0.04	235	111	101	566	0.70		
2	0.02	0.05	237	111	100	555.5	0.46		
3	0.04	0.05	250	118	101	569.5	0.70		
4	0.04	0.06	264	123	101	572	0.94		
5	0.05	0.06	268	125	102	573.5	1.17		
6	0.06	0.07	269	128	103	575.5	1.41		
7	0.05	0.06	270	130	104	577	1.17		
8	0.04	0.05	261	126	105	571.5	0.94		
9	0.03	0.04	248	112	105	568.5	0.70		
10	0.02	0.05	242	114	104	569	0.46		
11									
12									
Promedio	0.03547	0.0515	246.5			565.025	0.877		

$$\Delta_1 = 0.0009270$$

$$\Delta_2 = 0.003716$$

$$\text{Boquilla } 7/16 = 9 : 0.001047 \rightarrow \Delta_3 = 3.17 \text{ OP}$$

## DATOS DE LA FUENTE EMISORA

BAVARIA S.A.	FABRICA	Cra 8 / 30-47	DIRECCIÓN
Caldera	BOB COCK WILCOX		Calí
FOCO DE EMISION			
POTENCIA :			
COMBUSTIBLE			
CARBON			
PODER CALORICO			
CONSUMO 28 toneladas / dia (Promedio)			
CONTAMINANTES EMITIDOS :			
EQUIPO DE CONTROL : CICLON: CONTROL ELECTRONICO.			
UBICACIÓN PROCESO : COMUNA 8			
DESCRIPCION DEL ACCESO AL SITIO DE MUESTREO ESCUELAS y PISTOTERAPIA			
DATOS DE PRODUCCION, CONSUMO Y FUNCIONAMIENTO DE LA FUENTE EL DIA DEL MUESTREO			
Promedio 110 000 decenas / dia. Falla en tapa sistema extracción de ceniza.			

## Nomenclatura empleada :

$A_n$  : Area de la boquilla ( $Pie^2$ ).

$A_s$  : Area de la sección transversal del ducto o chimenea.

$B_{ws}$  : Porcentaje de humedad en los gases, (% en volumen).

$C_{(SO_2)}$  : Concentración de  $SO_2$  en los gases de emisión, (ppm).

$C_{(NO_x)}$  : Concentración de  $NO_x$  en los gases de emisión, (ppm).

$C_p$  : Coeficiente de calibración del tubo pitot-S.

$C_s(std)$  : Concentración de partículas en condiciones standard, (528 °R, 29.92 Pulgada de. Hg) en  $g/pie^3$ .

$C_{REF}$  : Concentración de partículas a condiciones de referencia.

$C_{s(A)}$  : Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea ( $g/m^3$ ) o ( $g/pie^3$ ).

$E_{(A)}$  : Emisión en chimeneas en condiciones de referencia, (kg/h).

$E$  : Norma de emisión según Decreto 02/82 sin modificar y sin corregir, (kg. part/h, kg. part/ $10^6$  kcal).

$E_m$  : Norma de emisión modificada por el factor K para corregir por altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).

$E'$  : Norma de emisión modificada y corregida por altura de chimenea, (kg./h o kg./  $10^6$  kcal).

$H$  : Altura total de la chimenea (m).

$H_f$  : Altura de la fuente de emisión sobre el nivel del mar, (msnm).

$I$  : Isocinelismo, (%).

$K_p$  : Constante del tubo pitot.

$K_1$  : Constante de cálculo de humedad (0.04707  $Pie^3/ml$ ).

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad ; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson N. Grajales

[Firma] Firma y cc 10.471.935 B/Aires C.

La empresa monitoreada BAVARIA S.A. CERVECERIA DE CALI

[Firma] Firma y cc 12.964.574 P. 2da

La autoridad ambiental.

[Firma] Firma y cc 94'373.770 Cali

La comunidad

Firma y cc

Se presentaron el día 14- Enero de 2000, en las instalaciones de la empresa BAVARIA S.A. con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de La Caldera BARBOCK wilcox actividad que fue iniciada a las 08:30 horas y culminada a las 14:00

Observaciones adicionales.



**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**CARTONES DE OCCIDENTE LTDA**  
**Febrero de 2000**

**CONTENIDO**

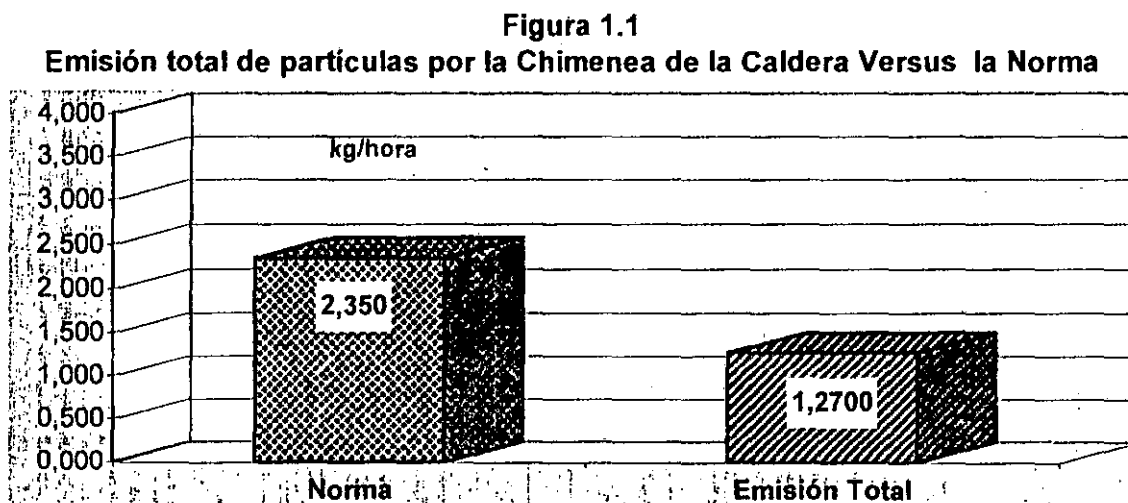
<u>1. RESUMEN</u>	<u>2</u>
<u>2. EVALUACION DE EMISION CALDERA POWER MASTER 300 PSI</u>	<u>3</u>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<u>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</u>	<u>6</u>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<u>4. TABLAS DE CAMPO</u>	<u>8</u>

## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la Caldera Power Master de la empresa **CARTONES DE OCCIDENTE LTDA** la cual utiliza como combustible Crudo de Castilla.

El trabajo de campo se realizó el día 03 de Febrero del 2000. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 1.27 Kg/h, La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 2.35 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.



La chimenea de la Caldera de la empresa **CARTONES DE OCCIDENTE LTDA**, posee una altura de 14.13 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION CALDERA POWER MASTER 300 PSI

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : CARTONES DE OCCIDENTE LTDA

Dirección : Calle 36 # 7-10- Cali

Teléfono : (092) 4434333

Fuente : Caldera (300 BHP - 135 psi) - Combustible Crudo de Castilla.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 14.13 m.

Diámetro : 0.56 m.

Area salida: 2.6511 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 6.9 m.

Distancia B: 4.2 m.

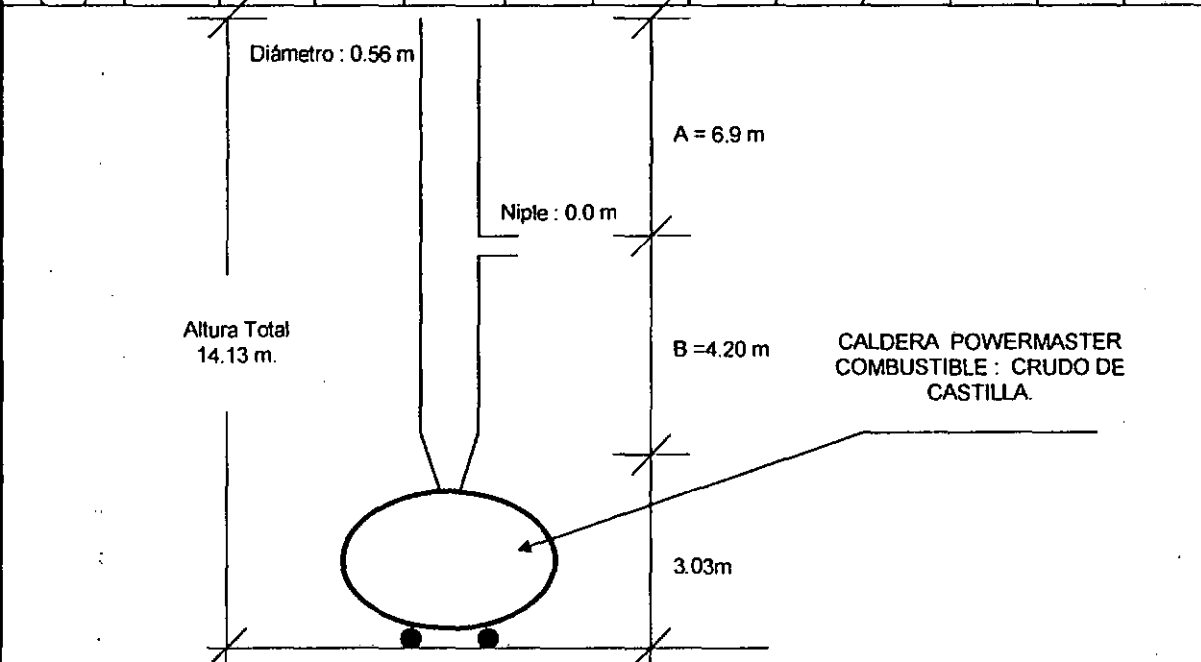
Longitud niple: 11.0 m.

A/Diámetro : 12.32

B/Diámetro : 7.5

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	13.46 <1"	19.17	27.5	50.42	58.82	64.53 <1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 8.9

%CO: 0.093

%O<sub>2</sub>: 9.6

Bws (%): 8.0

Pbar (in Hg): 26.91

Tm (R): 550

Cp: 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 244

CNO<sub>x</sub> (ppm): 188

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	368	383	387	382							380
Pg	0.10	0.10	0.10	0.10							0.10
Δp	0.11	0.11	0.13	0.14							0.1218

## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 380 + 460$	$P_s = 26.91 + 0.10 / 13.6$	$P_m = 26.91 + 1 / 13.6$
$T_s = 840 \text{ R}$	$P_s = 26.92 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.98 \text{ in Hg}$
$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 81.407$		
$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$		
$M_d = 29.808 \text{ g/g mol}$		
$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$		
$M_s = 28.863 \text{ g/g-mol}$		
$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$		
$v_s = 1528.33 \text{ ft/min}$		
$An_1 = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_1 = 0.000544 \text{ ft}^2$		
$An_2 = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$		
$An_2 = 0.002178 \text{ ft}^2$		

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $An = 0.001363 \text{ ft}^2$	(X) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $An = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $An = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $An = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $An = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE MUESTREO

$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$										
$v_s = 72.9 \times (\Delta p)^{0.5}$										
$Q_m = An \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$										
$Q_m = 2.13 \times (\Delta P)^{0.5}$										
$\Delta p$	0.1	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16			
$Q_m$	0.67	0.7	0.73	0.76	0.79	0.85	0.825			
$\Delta H$	1.1	1.22	1.3	1.4	1.55	1.66	1.77			

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 132.7567$	$m_n(g) = 0.3424$	$P_g (\text{in H}_2\text{O}) = 0.10$	$\Delta p (\text{in H}_2\text{O}) = 0.130$
$T_s(^{\circ}R) = 862.250$	$T_m(R) = 574.938$	$\Delta H (\text{in H}_2\text{O}) = 1.409$	$\theta (\text{min.}) = 64$
$As(\text{ft}^2) = 2.651$	$V_m (\text{ft}^3) = 43.079$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.92	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	27.01	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} = Y \times V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	38.22	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} = K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	6.25	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(Std)} \times 537 / 528$	38.87	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(Std)}}{V_{wc(Std)} + V_{m(Std)}}$	14.05	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2 + \%CO)$	29.808	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left(1 - \frac{(Bws)}{100}\right) + (0.18 \times Bws)$	28.15	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = KpxCpx \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{MsxPs}} \right)$	27.03	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Qs_{(A)}$	$Qs_{(A)} = vsxAsx60$	4299.72	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar ± $Qs(Std)$	$Qs_{(Std)} = Qs_{(A)} \times (T_{Std} / T_s) \times (P_s / P_{Std})$	2368.71	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mxY}}{T_m} \right) \right)}{60 \times Q_{sx} P_{sx} vsxAn}$	101.47	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $Vgh(Std)$	$Vgh(Std) = V_{wc(Std)} + V_{m(Std)}$	44.47	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $Vgh_{(A)}$	$Vgh_{(A)} = Vgh(Std) \times \frac{T_{sx} 29.92}{P_{sx} 528}$	80.72	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(Std)} \times 537 / 528)$	0.0088087	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $Cs_{(A)}$	$Cs_{(A)} = \left( m_n / Vgh_{(A)} \right)$	0.0042418	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Qs_{(Std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	1.27325	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87, 88 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71 Decreto 02-1982	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.33 $E = 4 \times P^{0.425} \quad 0.10 \leq P < 1.0$	2.5 Kg./H
Artículo 42	Emisión (E') = $0.939 \times 2.5 \text{ Kg./H}$	2.35 Kg./H
Artículos 74, 75	$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	2.35 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 2.35 Kg./H		

#### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa CARTONES DE OCCIDENTE LTDA, es de 2.35 Kg./H, la emisión total de partículas (ETP) fue de 1.27 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión total de partículas ETP versus Norma de emisión de partículas**  
**1.27 Kg/h << 2.35 Kg/h**

La emisión de material particulado por la chimenea de Cartones de Occidente LTDA se encuentra por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

**3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA**

La chimenea de la Caldera de la empresa CARTONES DE OCCIDENTE LTDA, posee una altura de 14.13 m. la altura mínima exigida de acuerdo a la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea no cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO



## DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

## MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : Feb. 03. 2000		Empresa : Cartones de Occidente	
Representante de la empresa : Cristóbal Osorio			
Representante de la comunidad :			
Representante de la empresa consultora : Wilson N. Grajales			
Hora Inicial : 13:30		Hora Final : 19:30	
Nivel = 11 cm		DATOS DE CAMPO	
Altura de chimenea (m)	14.13	Diámetro Interno (cm)	56
Diámetro boquilla (pulg)	3/8	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> )	0.0007669
Distancia B (m)	4.20 $\frac{B}{D} = 7.5$	Número de puntos	12
Presión barométrica	26.91	Temperatura ambiente	32
Chimenea procedente de :	Caldera X	Horno	
Combustible empleado	crudo	Otro	
Consumo	750 Gm/24 Hrs		
Poder Calórico	150.000 Btu/H.		
Puntos	1	2	3
% diámetro	4.4	14.6	29.6
Distancia (X)	13.46	19.17	27.56
	4	5	6
	70.4	85.4	95.6
	50.42	58.82	64.53
Factor de corrección de S - Pitot (Cp <sub>s</sub> )	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200		
Volumen Final del agua (mL) (B)	328		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	328 - 200 = 128		
Peso inicial de sílica gel (g) (C)	200.8503		
Peso final de sílica gel (g) (D)	205.6070		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	205.6070 - 200.8503 = 4.7567		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	128 + 4.7567 = 132.7567		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.4525		
Peso final del papel filtro (g) (H)	0.7291		
Peso de partículas en el filtro = ((H-G) = (L)	0.7291 - 0.4525 = 0.2766		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40 mL		
Peso inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5640		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.6300		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	58.6300 - 58.5640 = 0.0660		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	0.2766 + 0.0660 = 0.3426		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	0.3426 - 0.0002 = 0.3424		

Producción 8 t/h / 24 Hrs

Capacidad 300 HP

Vapor = 4500 lb/Hrs

Año fabricación 1970

Presión trabajo 135 PSI

82 Gm/Hrs

Powermaster

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO <sub>2</sub> 8.9			% CO 0.093			% O <sub>2</sub> 9.6			
% N <sub>2</sub> 81.40			SO <sub>2</sub> (ppm) 24.4			NO <sub>x</sub> (ppm) 188			
Ts = Tm + 460 (°R) 840			Tm = Tm + 460 550			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.92			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98			W 8%			Ms 28.8615 MH = 29.8060			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									
PWC = 1.4220									
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	368	383	387	382					380
Tm'	90	90	90	90					90
Pg	0.10	0.10	0.10	0.10					0.10
Δp	0.11	0.11	0.13	0.14					0.1218
Qm: 2.1 $\sqrt{\Delta p}$			Vs: 1528.18 ~ 22.979			Boquilla a emplear 3/8 pulg			
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie <sup>3</sup> ) 75.115				Volumen Final (Pie <sup>3</sup> ) 118.194					
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H <sub>2</sub> O	"H <sub>2</sub> O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H <sub>2</sub> O		
1	0.11	0.10	380	95	90	552.5	1.18		
2	0.13	0.10	402	110	93	561.5	1.40		
3	0.14	0.10	401	123	97	570	1.50		
4	0.15	0.10	400	133	103	578	1.61		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.15	0.10	405	137	106	581.5	1.61		
2	0.14	0.10	412	142	109	585.5	1.50		
3	0.12	0.10	416	140	111	585.5	1.29		
4	0.11	0.10	402	140	110	585	1.18		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.1303	0.10	862.25			574.9375	1.40875		

$\Delta 1 = 0.0005437$

$\Delta 2 = 0.0021748$

Boquilla 3/8 pulg  $\rightarrow a = 0.0007669 \text{ ft}^2 \Rightarrow Q_m = 2.1 \sqrt{\Delta p}$

$\% I = 104$

# Proinsa Ltda.

PROYECTOS DE INGENIERIA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

- Estudios de Impacto Ambiental.
- Contaminación Atmosférica.
- Tratamiento de aguas.
- Desechos Sólidos.
- Gestión Municipal.

DATOS TECNICOS						
	Chimenea 1	Chimenea 2	Chimenea 3	Chimenea 4	Chimenea 5	Chimenea 6
Marca	Pouremaster					
Modelo						
Operación						
Capacidad	300 HP					
Libras de vapor - hora	4500					
Presión de trabajo PSI	135					
Presión prueba hidrostática (PSI)						
Consumo de combustible	750 Gal/24 Hrs					
Tipo de combustible	crudo					
Atomización						
Horas de trabajo diaria	24 Hrs					
Promedio de consumo de combustible mensual						
Poder Calórico del combustible						
Diámetro	56 cm					
Altura A	6.9 m					
Altura B	14.20 m					
Longitud niple	11 cm					
Altura de chimenea	14.13					

Calle 15N #4N-79 Oficina 201 Tels. 6688297-6680312. A.A. 734 Cali  
e-mail : proinsa@emcali.net.co

REALIZACION DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson N. Grajales

[Firma] Firma y cc 10.471.935 B/AHRES L.

La empresa monitoreada Cartones de Occidente

[Firma] Firma y cc [Firma] 6223/12

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 03 de febrero del 2000, en las instalaciones de la empresa Cartones de Occidente con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la Caldera Powermaster; actividad que fue iniciada a las 13:30 horas y culminada a las 16:40

Observaciones adicionales. La chimenea es nueva y falta colocarle un anillo que mide 2.24 mts; con esto tendría una altura total de 16.37 m

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Cartones de Occidente</u>		L/ds Fecha: <u>Abril '15/99</u>			
Nit: <u>800-173-657-2</u>		Dirección: <u>calle 36 # 7-10</u>			
Barrio: <u>Industrial</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4434333</u>			
Descripción del Proceso productivo					
Fabricación de papel a base de papel y cartón reciclado.					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>Caldera</u>	<u>Particulas - Gases</u>	<u>Crudo</u>	<u>20 Hrs / dia</u>		
<u>Observaciones</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>13 m</u>	<u>6.9 m</u>	<u>4.42 m</u>	<u>56 cm</u> <u>22 pulg</u>	<u>10 cm</u>	<u>No</u>
<u>Observaciones:</u>					

3  
4  
5 } ?  
6 }  
7 - No

**EVALUACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS**  
**CONFITES BOMBOLINA LTDA**  
Febrero del 2000

**CONTENIDO**

<b>1. RESUMEN</b>	<b>2</b>
<b>2. EVALUACION DE EMISION EN CALDERA CONTINENTAL</b>	<b>3</b>
2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO	3
2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO	3
2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR	3
2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA	4
2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO	4
2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO	4
2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS	4
<b>3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	6
3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	7
<b>4. TABLAS DE CAMPO</b>	<b>8</b>

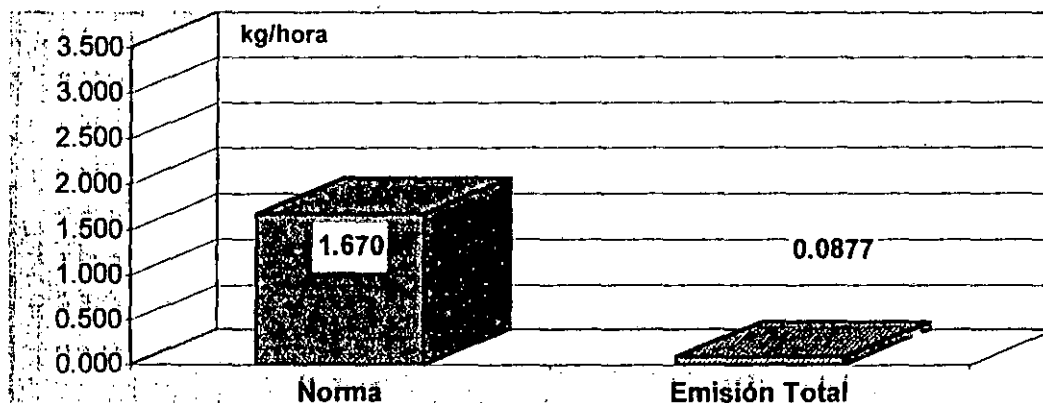
## 1. RESUMEN

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el muestreo de emisiones de material particulado y gases de combustión a la chimenea de la Caldera Continental de la empresa CONFITES BOMBOLINA LTDA la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El trabajo de campo se realizó el día 13 de Enero del 2000. La emisión total de partículas (ETP), por chimenea de la caldera fue de 0.0877 Kg/h. La norma de emisión calculada y corregida para las condiciones de funcionamiento (producción) de la caldera evaluada fue de 1.67 Kg/Hora.

Comparando la emisión total de partículas con la norma se encuentra que la emisión de partículas se encuentra muy por debajo de la norma vigente, como se aprecia en la Figura 1.1.

**Figura 1.1**  
**Emisión total de partículas por la Chimenea de la Caldera Versus la Norma**



La chimenea de la Caldera de la empresa **CONFITES BOMBOLINA LTDA**, posee una altura de 15 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea de la caldera cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

## 2. EVALUACION DE EMISION EN CALDERA CONTINENTAL

### 2.1 INFORMACION BASICA DEL MUESTREO

Empresa : CONFITES BOMBOLINA LTDA

Dirección : Carrera 7D No 69A- 66 Santiago de Cali

Teléfono : (092) 663-20-07

Fuente : Caldera Continental (80 BHP - 200 psi) - Combustible A.C.P.M.

### 2.2 LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO

Altura : 15.0 m.

Diámetro : 0.29 m.

Area salida: 0.711 ft<sup>2</sup>

Distancia A: 9.9 m.

Distancia B: 2.52 m.

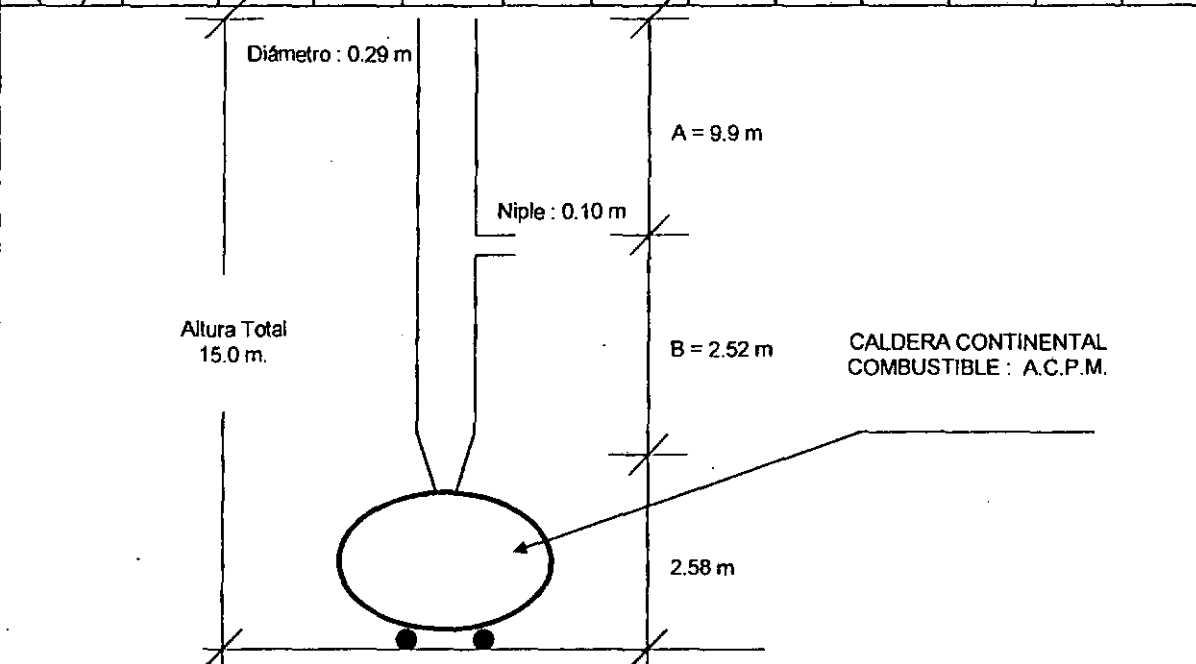
Longitud niple: 0.10 m.

A/Diámetro : 34.14

B/Diámetro : 8.69

Total de puntos: 12

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% Diam	4.4	14.6	29.6	70.4	85.4	95.6						
Marca (cm)	11.27	14.23	18.58	30.41	34.77	37.72						
	<1"					<1"						



### 2.3 DATOS DEL MUESTREO PRELIMINAR

%CO<sub>2</sub>: 8.1

%CO: 0.004

%O<sub>2</sub>: 7.4

Bws (%): 4.0

Pbar (in Hg): 26.91

Tm (R): 538

Cp: 0.821 Y: 1.07

CSO<sub>2</sub> (ppm): 120

CNO<sub>x</sub> (ppm): 164

PUNTO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Ts (°F)	484	501	510	491							496.5 °F
Pg	0.16	0.16	0.16	0.16							0.16
Δp	0.22	0.25	0.3	0.23							0.2482



## 2.4 SELECCIÓN DE LA BOQUILLA

$T_s = t_s + 460$	$P_s = P_{bar} + P_g / 13.6$	$P_m = P_{bar} + \Delta H / 13.6$
$T_s = 496.5 + 460$	$P_s = 26.91 + 0.16 / 13.6$	$P_m = 26.91 + 1 / 13.6$
$T_s = 956.5 \text{ R}$	$P_s = 26.92 \text{ in Hg}$	$P_m = 26.98 \text{ in Hg}$

$$\%N_2 = 100 - (\%CO_2 + \%CO + \%O_2) = 84.496$$

$$M_d = \%CO_2 \times 0.44 + \%CO \times 0.28 + \%O_2 \times 0.32 + \%N_2 \times 0.28$$

$$M_d = 29.59 \text{ g/g mol}$$

$$M_s = M_d \times (1 - B_{ws} / 100) + 0.18 \times B_{ws}$$

$$M_s = 29.128 \text{ g/g-mol}$$

$$v_s = K_p \times C_p \times ((\Delta p \times T_s / (M_s \times P_s)))^{0.5} \times 60$$

$$v_s = 2317.1 \text{ x ft/min}$$

$$A_{n1} = 0.5 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n1} = 0.000401 \text{ ft}^2$$

$$A_{n2} = 2.0 / ((v_s \times T_m \times P_s \times (1 - B_{ws} / 100)) / (T_s \times P_m))$$

$$A_{n2} = 0.001602 \text{ ft}^2$$

### BOQUILLA SELECCIONADA

( ) No. 1, $\phi = (1/2)"$ , $A_n = 0.001363 \text{ ft}^2$	( X ) No. 4, $\phi = (3/8)"$ , $A_n = 0.0007669 \text{ ft}^2$
( ) No. 2, $\phi = (5/16)"$ , $A_n = 0.0005326 \text{ ft}^2$	( ) No. 5, $\phi = (7/16)"$ , $A_n = 0.001043 \text{ ft}^2$
( ) No. 3, $\phi = (1/4)"$ , $A_n = 0.000340 \text{ ft}^2$	

## 2.5 CÁLCULO DE LA ECUACION DE MUESTREO

$$v_s = K_p \times C_p \times ((T_s / M_s \times P_s))^{0.5} \times (\Delta p)^{0.5}$$

$$v_s = 77.52 \text{ x } (\Delta p)^{0.5}$$

$$Q_m = A_n \times (T_m / T_s) \times (P_s / (P_m - P_{wc})) \times (1 - (B_{ws} / 100)) \times 60 \times v_s$$

$$Q_m = 1.993 \text{ x } (\Delta p)^{0.5}$$

$\Delta p$	0.2	0.22	0.24	0.26	0.28	0.3	0.32	0.34			
$Q_m$	0.891	0.935	0.97	1.01	1.05	1.09	1.12	1.16			
$\Delta H$	1.94	2.13	2.3	2.5	2.7	2.91	3.1	3.3			

## 2.6 DATOS OBTENIDOS EN EL MUESTREO

$V_{lc}(mL) = 37.79$	$m_n(g) = 0.0961$	$P_g(\text{in H}_2\text{O}) = 0.16$	$\Delta p(\text{in H}_2\text{O}) = 0.2681$
$T_s(^{\circ}R) = 944.5$	$T_m(^{\circ}R) = 552.75$	$\Delta H(\text{in H}_2\text{O}) = 2.6313$	$\theta(\text{min.}) = 64$
$A_s(\text{ft}^2) = 0.71$	$V_m(\text{ft}^3) = 60.654$	$Y = 1.07$	$C_p = 0.821$

## 2.7 CÁLCULOS Y RESULTADOS

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Presión absoluta de los gases de emisión en chimenea = $P_s$	$P_s = P_{bar} + (P_g / 13.6)$	26.92	in Hg
Presión absoluta del medidor de gases secos = $P_m$	$P_m = P_{ba} + (\Delta H / 13.6)$	27.10	in Hg
Volumen medido de gas seco a condiciones estándar = $V_{m(std)}$	$V_{m(std)} =$ $Y_x V_{mx} (T_{std} / T_m) \times (P_m / P_{std})$	56.16	ft <sup>3</sup>
Volumen de agua recolectada en el muestreador de gas en condiciones estándar = $V_{wc(std)}$	$V_{wc(std)} =$ $K1 \times (V_f - V_i) + K2 \times (W_f - W_i)$	1.78	ft <sup>3</sup>

Parámetro	Cálculo	Resultado	Unidades
Volumen medido a condiciones de referencia $V_{REF}$	$V_{REF} = V_{m(STD)} \times 537 / 528$	57.11	ft <sup>3</sup>
Contenido de humedad en los gases, (% volumen) = Bws	$Bws = \frac{100 \times V_{wc(std)}}{V_{wc(std)} + V_{m(std)}}$	3.07	%
Peso molecular del gas seco en condiciones de chimenea, base seca = Md	$Md = 0.32 \times (\%O_2) + 0.44 \times (\%CO_2) + 0.28 \times (\%N_2) + \%CO$	29.59	g/g-mol
Peso molecular del gas en condiciones de chimenea, base húmeda = Ms	$Ms = Md \times \left( 1 - \frac{(Bws)}{100} \right) + (0.18 \times Bws)$	29.24	g/g-mol
Velocidad promedio del gas en la chimenea = vs	$vs = K_{px} C_{px} \left( \sqrt{\Delta P_{avg}} \times \sqrt{\frac{T_{savg}}{Ms \times Ps}} \right)$	39.81	ft/s
Caudal de los gases a condiciones de chimenea = $Q_{s(A)}$	$Q_{s(A)} = vs \times A_s \times 60$	1698.36	ft <sup>3</sup> /min
Caudal en condiciones estándar = $Q_s(std)$	$Q_{s(std)} = Q_{s(A)} \times (T_{std} / T_s) \times (P_s / P_{std})$	854.29	ft <sup>3</sup> /min
Isocinetismo = I	$I(\%) = \frac{100 \times T_{sx} \left( K_3 \times V_{lc} + \left( \frac{P_{mx} V_{mxY}}{T_m} \right) \right)}{60 \times \phi \times P_{sx} \times vs \times A_n}$	98.25	%
Volumen de gas húmedo en condiciones estándar = $V_{gh(std)}$	$V_{gh(std)} = V_{wc(std)} + V_{m(std)}$	57.94	ft <sup>3</sup>
Volumen de gas húmedo en condiciones del medidor: $V_{gh(A)}$	$V_{gh(A)} = V_{gh(std)} \times \frac{T_{sx} \times 29.92}{P_{sx} \times 528}$	115.18	ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en condiciones de referencia = CREF	$C_{REF} = m_n / (V_{m(std)} \times 537 / 528)$	0.0016826	g/ft <sup>3</sup>
Concentración de partículas en base húmeda corregido a condiciones de chimenea = $C_{s(A)}$	$C_{s(A)} = \left( m_n / V_{gh(A)} \right)$	0.000834	g/ft <sup>3</sup>
Emisión total de partículas $E_{(A)}$ a condiciones de referencia	$E_{(A)} = C_{REF} \times Q_{s(std)} \times (60 \times 537 / 1000 \times 528)$	0.08771	kg/h

### 3. ANALISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87, 88 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Aplicando la normatividad vigente, se determinan los siguientes resultados.

Artículos aplicados para el cálculo de la norma.

ARTICULO	FORMULA	RESULTADO
Artículos 70, 71 D-02-1982	Norma de emisión aplicada "Otras industrias" zona urbana. Producción (P) horaria en toneladas: 0.150 $E = 4 \times P^{0.425} \quad 0.10 \leq P < 1.0$	1.78 Kg./H
Artículo 42 D-02-82	Emisión (E') = $0.939 \times 1.78 \text{ Kg./H}$	1.67 Kg./H
Artículos 74, 75	$E^1 = E \pm (\Delta h \times \Delta E)$	1.67 Kg./H
Norma de Emisión final corregida: 1.67 Kg./H		

#### 3.2 COMPARACION DE LA EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La norma de emisión calculada para las condiciones de funcionamiento de la caldera de la empresa CONFITES BOMBOLINA LTDA, es de 1.67 Kg./H, y la emisión total de partículas (ETP) fue de 0.0877 Kg/h, comparando la norma con la emisión se tiene que:

**Emisión ETP versus Norma**  
**0.0877 Kg/H <<< 1.67 Kg/H**

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma vigente (Decreto 02 de 1982).

**3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA**

La chimenea de la Caldera Continental de la empresa CONFITES BOMBOLINA LTDA, posee una altura de 15.0 m. la altura mínima exigida de acuerdo con la producción y según Decreto 02 de 1982 (Artículo 70), es de 15.0 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumple con la Norma de Altura mínima permisible.

#### 4. TABLAS DE CAMPO

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE DAGMA

PROYECTO : Realización de operativos de verificación de emisiones atmosféricas de 25 fuentes fijas del sector industrial de la comuna 8

Contratista : Water Technology Ltda.

MUESTREO ISOCINÉTICO DE PARTICULAS

Fecha : Ene. 13 - 100		Empresa : Confitería Bombolina Ltda	
Representante de la empresa :		Representante de la comunidad :	
Representante de la empresa consultora : Wilson Grajales		Hora inicial : 08:00	
Hora final :		DATOS DE CAMPO	
Altura de chimenea (m) 15	Diámetro interno (cm) 27	Área transversa (Pie <sup>2</sup> ) 0.71098	
Diámetro boquilla (pulg) 3/8	Área boquilla (Pie <sup>2</sup> ) 0.0007664	Distancia A (m) 9.7	
Distancia B (m) 2.52	Número de puntos 12	Tiempo/Punto 8	
Presión barométrica 26.91	Temperatura ambiente 26		
Chimenea procedente de :	Caldera X	Horno	Otro
Combustible empleado	A.C.P. 1-1		
Consumo	60 gal/10 Hrs		
Poder Calórico	152.000 Btu/621		
Puntos	1	2	3
% diámetro	4.4	14.6	29.6
Distancia (X)	11.27	14.23	18.58
	30.41	34.77	37.71
Factor de corrección de S - Pilot (Cp <sub>s</sub> )	0.821		
Volumen inicial del agua (mL) (A)	200.0		
Volumen Final del agua (mL) (B)	234.0		
Volumen de agua condensada (mL) (B-A)	234 - 200 = 34		
Peso inicial de silica gel (g) (C)	199.6979		
Peso final de silica gel (g) (D)	203.4896		
Volumen de agua absorbida (g) = (D-C) = (F)	203.4896 - 199.6979 = 3.7917		
Volumen total de agua (mL) = (E+F)	34 + 3.7917 = 37.7917		
Peso inicial del papel filtro (g) (G)	0.3463		
Peso final del papel filtro (g) (H)	0.4319		
Peso de partículas en el filtro = (H-G) = (L)	0.4319 - 0.3463 = 0.0856		
Volumen de Acetona en los lavados (mL) (I)	40 mL		
Peso Inicial de Beaker de lavados (g) (J)	58.5640		
Peso final de Beaker de lavados (g) (K)	58.5747		
Peso de partículas en los lavados (g) = (K-J) = (M)	58.5747 - 58.5640 = 0.0107		
Peso bruto de partículas (g) = (L+M) = (S)	0.0856 + 0.0107 = 0.0963		
Peso de cenizas en la acetona (g) (P)	0.0002		
Peso neto de partículas (g) (S-P)	0.0963 - 0.0002 = 0.0961		

DATOS PRELIMINARES DURANTE LA PRUEBA ISOCINETICA									
% CO2 8.1			% CO : 0.004			% O2 7.4			
% N2 84.496			SO2 (ppm) : 120			NOx (ppm) 161			
Ts = Tm + 460 (°R) 956.5			Tm = Tm + 460 538			Ps = Pbar + Pg/13.6 26.92			
Pm = Pbar + ΔH/13.6 26.98			W = 4%			Ms: 29.13 mH: 29.592			
DATOS MUESTREO PRELIMINAR									pwc = 0.9666
Datos	1	2	3	4	5	6	7	8	promedio
Ts'	484	501	510	491					496.5
Tm'	78	78	78	78					78
Pg	0.16	0.16	0.16	0.16					0.16
Δp	0.22	0.25	0.30	0.23					0.2482
Qm:	1.994 ADP			Vs			Boguilla a emplear 3/8		
DATOS DURANTE EL MUESTREO									
Volumen inicial (Pie³) 728.648				Volumen Final (Pie³) 789.302					
Punto No	Δp	Pg	Ts'	Tm (Entrada)	Tm (Salida)	Tm	ΔH		
	"H2O	"H2O	°F-°C	°F-°C	°F-°C	°F-°C	"H2O		
1	0.22	0.16	492	85	80	542.5	2.12		
2	0.24	0.16	487	94	87	550.5	2.32		
3	0.31	0.16	489	95	89	552	2.99		
4	0.33	0.16	494	97	91	554	3.19		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
1	0.32	0.16	498	98	92	555	3.09		
2	0.32	0.16	490	98	93	555.5	3.09		
3	0.23	0.16	491	99	94	556.5	2.22		
4	0.21	0.16	455	98	94	556	2.03		
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
Promedio	0.2681	0.16	494.5			552.75	2.63125		

$$A_1 = 0.00039977$$

$$D_2 = 0.0015999$$

$$Y_1 = 98.5$$

$$\text{Boguilla} = 3/8 \Rightarrow a = 0.0007669 \text{ ft}^2 \Rightarrow Q_m = 1.994 \text{ ADP}$$

REALIZACIÓN DE OPERATIVOS DE VERIFICACION DE EMISIONES  
ATMOSFÉRICAS DE 25 FUENTES FIJAS DEL SECTOR INDUSTRIAL DE LA  
COMUNA 8.

ACTA DE VISITA Y MONITOREO

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, como máxima autoridad ambiental en el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali, y organismo técnico director de la gestión del medio ambiente de la ciudad; ha delegado para cumplir con los objetivos del proyecto en mención a la firma consultora WATER TECHNOLOGY LTDA (contrato SCA - CON - 166 -98) y Resolución 148 de abril 28 de 1999.

La presente acta hace constar que los representantes de :

La firma contratista WATER TECHNOLOGY LTDA. Wilson N. Grajales

[Firma] Firma y cc 10'471 935 Baires c.

La empresa monitoreada Confiter Bombolina Ltda

[Firma] Firma y cc [Firma]

La autoridad ambiental. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

La comunidad \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Firma y cc \_\_\_\_\_

Se presentaron el día 13 - Enero de 2000, en las instalaciones de la empresa Confiter Bombolina Ltda con el propósito de evaluar la(s) fuente fija (s) de la Caldera actividad que fue iniciada a las 09:30 horas y culminada a las 13:00

Observaciones adicionales. Esta caldera lleva funcionando en esta planta



22

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Conciter Bombolina</u>		Fecha: <u>Abril 6-99</u>			
Nit: <u>800 129 335-1</u>		Dirección: <u>Cra 7D # 69A-66</u>			
Zona Industrial					
Barrio: <u>Tipical</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>663 2007</u>			
Descripción del Proceso productivo					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>Caldera 20 HP</u>	<u>Particulas</u>	<u>A.C.P.M</u>	<u>12 Hrs / Di.</u>		
<u>150 psi</u>					
<u>Observaciones</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>9m</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>30 cm</u>	<u>—</u>	<u>No</u>
<u>15m</u>	<u>9.9 m</u>	<u>2,52 m</u>	<u>29 cm</u>	<u>10 cm</u>	<u>Facil llegar</u>
<u>Observaciones:</u>					
<u>No tiene puntos toma-muestras</u>					

Miguel Vanegas

# Proinsa Ltda.

PROYECTOS DE INGENIERIA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

- Estudios de Impacto Ambiental.
- Contaminación Atmosférica.
- Tratamiento de aguas.
- Desechos Sólidos.
- Gestión Municipal.

DATOS TECNICOS						
	Chimenea 1	Chimenea 2	Chimenea 3	Chimenea 4	Chimenea 5	Chimenea 6
Marca	Continental					
Modelo	1-9-60					
Operación						
Capacidad	80 HP					
Libras de vapor - hora	200 lb					
Presión de trabajo PSI	135 PSI					
Presión prueba hidrostática (PSI)	150 PSI					
Consumo de combustible	60 gal/dia					
Tipo de combustible	A. C. P. M					
Atomización	6" A.C.P.M					
Horas de trabajo diaria	10 Hrs					
Promedio de consumo de combustible mensual	26 Lit					
Poder Calórico del combustible	150,000 Btu/lb					
Diámetro	29 cm					
Altura A	9.9 m					
Altura B	2.52 m					
Longitud niple	12 cm					
Altura de chimenea	15 m					

Producción / día  $\Rightarrow$  1 1/2 Tdu / 10 Hrs ( Bombolina )

**ESTIMACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS**  
**URIBES LTDA**  
**MAYO DE 1999**

**CONTENIDO**

<b>1 PRESENTACION</b>	<b>4</b>
<b>2 CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS</b>	<b>5</b>
2.1 FUENTES DE EMISION	5
2.2 METODOLOGÍA APLICADA	5
2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS	6
2.3.1 POR EL EMPLEO DE A.C.P.M.	6
2.3.2 POR EL EMPLEO DE ASERRÍN	6
2.4 EMISION DE CONTAMINANTES	7
<b>3 NORMATIVIDAD VIGENTE</b>	<b>8</b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	8
3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA	9
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	9

## 1 PRESENTACION

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el estimado de emisiones de material particulado y gases de combustión a las fuentes fijas de la empresa **URIBES LTDA** la cual utiliza como combustible A.C.P.M. para su Caldera y Aserrín para su horno ahumador.

El presente trabajo tiene como objetivo general, presentar al DAGMA el informe de Estimado de emisiones atmosféricas de sus dos (2) fuentes fijas caldera y horno ahumador las cuales se consideran como fuentes potenciales de contaminantes de **URIBES LTDA**.

Entre los objetivos específicos, están los siguientes:

- p Calcular las emisiones de material particulado, dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), neblina ácida ( $\text{SO}_3$ ), óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), compuestos orgánicos totales (COT) y metano, para cada una de las fuentes de **URIBES LTDA** aplicando el método de los factores de emisión según artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995.
- p Comparar la emisión de material particulado con la norma vigente.
- p Comparar la altura de las chimeneas con la altura reglamentada por la norma.

## 2 CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS

### 2.1 FUENTES DE EMISION

La empresa **URIBES LTDA** posee dos (2) fuentes fijas ; caldera y horno ahumador las cuales utilizan como combustible A.C.P.M. y Aserrín respectivamente, cada uno un ducto de evacuación de Emisiones atmosféricas de 10 pulgadas.

La siguiente tabla muestra las características de las plantas generadoras :

No.	Tipo de fuente	Tipo de combustible	Consumo	Tiempo de funcionamiento	Altura chimenea (m)	Diámetro (cm)
1	Caldera	A.C.P.M.	3 L/h	6 Horas	10	25.4
2	Horno Ahumador	Aserrín	3.7 Kg/h	6 Horas	10	25.4

### 2.2 METODOLOGÍA APLICADA

Como método de cálculo de emisiones se aplico el artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995, de los Factores de emisión, donde se define que "es el método para estimar la emisión de contaminantes al aire en un proceso específico, sobre la base de un registro histórico acumulado de mediciones directas, balance de masas y estudios de ingeniería, reconocido internacionalmente por las autoridades ambientales"

Los factores de emisión utilizados son extraídos del libro "COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS, STATIONARY POINT AND AREA SOURCES, FIFTH EDITION, JANUARY 1995, OFFICE OF AIR QUALITY PLANNING AND STANDARDS OFFICE OF AIR AND RADIATION, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY".

## 2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS

### 2.3.1 POR EL EMPLEO DE A.C.P.M.

De acuerdo con la revisión bibliográfica, los contaminantes emitidos durante la combustión de A.C.P.M. son los siguientes :

- ⇒ Material particulado (MP).
- ⇒ Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ).
- ⇒ Neblina ácida ( $\text{SO}_3$ ).
- ⇒ Oxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).
- ⇒ Monóxido de carbono (CO).
- ⇒ Compuestos orgánicos totales (COT).
- ⇒ Metano.

### 2.3.2 POR EL EMPLEO DE ASERRÍN

Durante la combustión de Aserrín (viruta de madera) se generan los principales contaminantes :

- ⇒ Material particulado (MP).
- ⇒ Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ).
- ⇒ Oxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ).
- ⇒ Monóxido de carbono (CO).
- ⇒ Hidrocarburos.

## 2.4 EMISION DE CONTAMINANTES

La emisión de contaminantes para cada una de las fuentes y la emisión total estimada se presenta a continuación :

Para la Caldera :

CONTAMINANTE	FACTOR E.P.A. UTILIZADO	EMISION CUANTIFICADA ( Kg./h )
		CALDERA
Partículas	0,24*	0,000063
SO <sub>2</sub>	18S**	0,001379
SO <sub>3</sub>	0,24S**	0,000018
NOx	2,4**	0,000634
CO	0,6**	0,000159
Compuestos orgánicos totales	0,03***	0,000008
Metano	0,006***	0,000002

S: % en peso del azufre contenido en el combustible (0.29%).

\* Tabla 1.3-1 (Cont) No 2 Oil fired CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\* Tabla 1.3-1 No 4 Oil fired (1-02-005-04) CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\*\* Tabla 1.3-3 No 4 Oil fired (1-02-005-04) EMISSION FACTORS FOR TOTAL ORGANIC COMPOUNDS (TOC), METHANE AND NONMETHANE (NMTOC) FROM UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

Para el Horno Ahumador :

CONTAMINANTE	FACTOR E.P.A. UTILIZADO	EMISION CUANTIFICADA ( Kg./h )
		HORNO AHUMADOR
Partículas	0,07	0,000068
SO <sub>2</sub>	0,012S	0,000003
SO <sub>3</sub>	0	0,000000
NOx	2,3	0,002248
CO	0,4	0,000391
Compuestos orgánicos totales	0,06	0,000059
Metano	0	0,000000
CO <sub>2</sub>	1500	1,466198

### 3 NORMATIVIDAD VIGENTE

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

#### DECRETOS Y ARTÍCULOS APLICADOS PARA EL CÁLCULO DE LA NORMA

Artículo	Fórmula	Resultado
Artículo 70-71	<p>"Norma de Emisión para Otras Industrias"</p> <p>Producción Horaria del producto terminado (P) en Ton/h = 0.15</p> <p>La emisión (E) en kg/h para producciones entre <math>0.1 \leq P &lt; 1.0</math></p> $E = 4.0 \times (P)^{0.425}$	1.78 kg/h
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 1.78 \text{ kg/h}$	1.65 kg/h
Norma de Emisión final corregida: 1.65 Kg/h		

Se debe aclarar que la normatividad nacional no contempla limite permisible para la emisión de contaminantes como : Dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), Neblina ácida ( $\text{SO}_3$ ), Oxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de carbono (CO), Compuestos orgánicos totales (COT) y Metano (Existe norma de emisión para  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$  solo para plantas productoras de ácido sulfúrico, artículo 76 Decreto 02/82).



### 3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA

La Emisión total estimada de material particulado por factores de emisión para cada una de las fuentes generadoras (caldera y horno ahumador) generan una emisión de :

Emisión por Caldera (E1) = 0,000063 kg/h.

Emisión por horno ahumador (E2) = 0,000068 kg/h.

Su emisión total (Aplicando el efecto burbuja ; artículo 111 Decreto 948 de 1995) es la siguiente :  
 $E1+E2 = 0.000131 \text{ kg/h.}$

#### EMISIÓN Vs LA NORMA

0.000131 Kg/h <<< 1.65 Kg/h

La emisión total de partículas se encuentra muy por debajo de la norma.

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

Las chimeneas tienen las siguientes alturas :

- ♦ Caldera. 10 metros.
- ♦ Horno Ahumador 10 metros.

La altura mínima exigida según Decreto 02 de 1982 (Artículos 40), es de 15 metros. Por lo tanto se puede decir que las Chimeneas no cumplen con la norma de altura mínima de emisión permisible.

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Carnes Uribe</u>		Fecha: <u>Abril - 15 / 99</u>			
Nit: <u>890 314 946 - 1</u>		Dirección: <u>calle 41 # 10-33</u>			
Barrio: <u>Toncal</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>4384603</u>			
<b>Descripción del Proceso productivo</b>					
Elaboración de carnes por lotes procesados					
<b>Determinación de las fuentes de emisión</b>					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
cubera 1-2	Particulas - Gases	A. C. P.M.	9 Hr / Dia		
<b>Observaciones</b> <u>Serie B-144</u> <u>Posión de diseño 15 PSI</u> <u>año / 69</u>					
<b>Datos sobre la chimenea</b>					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>± 10 m</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>15 cm</u>	<u>NO</u>	<u>NO</u>
<b>Observaciones:</b> <u>Don chimeneas independientes</u>					

**ESTIMACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS  
PRODUCTOS CALIMA LTDA  
M A Y O DE 1 9 9 9**

**CONTENIDO**

PRODUCTOS CALIMA LTDA	1
M A Y O DE 1 9 9 9	1
<b><u>1. PRESENTACION</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>2 CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS</u></b>	<b><u>3</u></b>
2.1 FUENTES DE EMISION	3
2.2 METODOLOGÍA APLICADA	3
2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS	4
2.4 EMISION DE CONTAMINANTES	4
<b><u>3 NORMATIVIDAD VIGENTE</u></b>	<b><u>5</u></b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	5
3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6

## 1. PRESENTACION

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el estimado de emisiones de material particulado y gases de combustión a las fuentes fijas de la empresa **PRODUCTOS CALIMA LTDA** la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El presente trabajo tiene como objetivo general, presentar al DAGMA el informe de Estimado de emisiones atmosféricas de (2) fuentes fijas por caldera las cuales se consideraran como fuentes potenciales de contaminantes de la empresa **PRODUCTOS CALIMA LTDA**.

Entre los objetivos específicos, están los siguientes:

- p Calcular las emisiones de material particulado, dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), neblina ácida ( $\text{SO}_3$ ), óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), compuestos orgánicos totales (COT) y metano, para cada una de las fuentes de **PRODUCTOS CALIMA LTDA** aplicando el método de los factores de emisión de acuerdo al artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995.
- p Comparar la emisión de material particulado con la norma vigente.
- p Comparar la altura de las chimeneas con la altura reglamentada por la norma.

## 2 CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS

### 2.1 FUENTES DE EMISION

La empresa **PRODUCTOS CALIMA LTDA** posee dos(2) calderas cuales utilizan como combustible A.C.P.M. cada caldera posee un ducto de evacuación de Emisiones atmosféricas (partículas y gases de combustión).

La siguiente tabla muestra las características de las dos calderas a evaluar por el método de los factores de emisión :

No	Tipo de fuente	Marca	Tipo de combustible	Consumo (Gal/h)	Tiempo de funcionamiento	Altura chimenea (m)	Diámetro (cm)
1	Caldera 1		A.C.P.M.	2.1	10 horas/día	10	15
2	Caldera 2		A.C.P.M.	2.1	10 horas/día	8	25 x 25

### 2.2 METODOLOGÍA APLICADA

Como método de cálculo de emisiones se aplico el artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995, de los Factores de emisión, donde se define que "es el método para estimar la emisión de contaminantes al aire en un proceso específico, sobre la base de un registro histórico acumulado de mediciones directas, balance de masas y estudios de ingeniería, reconocido internacionalmente por las autoridades ambientales"

Los factores de emisión utilizados son extraídos del libro "COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS, STATIONARY POINT AND AREA SOURCES, FIFTH EDITION, JANUARY 1995, OFFICE OF AIR QUALITY PLANNING AND STANDARDS OFFICE OF AIR AND RADIATION, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY".

### 2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS

De acuerdo con la revisión bibliográfica, los contaminantes emitidos durante la combustión de A.C.P.M. son los siguientes :

- ⇒ Material particulado (MP).
- ⇒ Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).
- ⇒ Neblina ácida (SO<sub>3</sub>).
- ⇒ Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).
- ⇒ Monóxido de carbono (CO).
- ⇒ Compuestos orgánicos totales (COT).
- ⇒ Metano.

### 2.4 EMISION DE CONTAMINANTES

La emisión de contaminantes para cada una de las fuentes y la emisión total estimada se presenta a continuación :

CONTAMINANTE	FACTOR E.P.A. UTILIZADO	EMISION CUANTIFICADA (Kg/h)	
		Caldera	
		Individual	Total
Partículas	0,24*	0,000133	0,000266293
SO <sub>2</sub>	18S**	0,002896	0,005791879
SO <sub>3</sub>	0,24S**	0,000039	7,72251E-05
NO <sub>x</sub>	2,4**	0,001331	0,002662933
CO	0,6**	0,000333	0,000665733
Compuestos orgánicos totales	0,03***	0,000017	3,32867E-05
Metano	0,006***	0,000003	6,65733E-06
CO <sub>2</sub>	0	0,000000	0

S: % en peso del azufre contenido en el combustible (0.29%).

\* Tabla 1.3-1 (Cont) No 2 Oil fired CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\* Tabla 1.3-1 No 4 Oil fired (1-02-005-04) CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\*\* Tabla 1.3-3 No 4 Oil fired (1-02-005-04) EMISSION FACTORS FOR TOTAL ORGANIC COMPOUNDS (TOC), METHANE AND NONMETHANE (NMTOC) FROM UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

### 3 NORMATIVIDAD VIGENTE

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

#### DECRETOS Y ARTÍCULOS APLICADOS PARA EL CÁLCULO DE LA NORMA

Artículo	Fórmula	Resultado
	"Norma de Emisión para Otras Industrias"	
Artículo 70-71	Producción Horaria del producto terminado (P) en Ton/h = 0.08 La emisión (E) en kg/h para producciones $P < 1.0$ Ton/h $E = 1.5$ kg/h	1.5 kg/h
Artículo 42	Emisión (E) = $0.9261 \times 1.78$ kg/h	1.389 kg/h
Norma de Emisión final corregida: 1.389 Kg/h		

Se debe aclarar que la normatividad nacional no contempla limite permisible para la emisión de contaminantes como : Dióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Neblina ácida ( $SO_3$ ), Oxidos de Nitrógeno ( $NO_x$ ), Monóxido de carbono (CO), Compuestos orgánicos totales (COT) y Metano (Existe norma de emisión para  $SO_2$  y  $SO_3$  solo para plantas productoras de ácido sulfúrico, artículo 76 Decreto 02/82).

### 3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA

Emisión total de material particulado (aplicando el efecto burbuja) = 0,000266293 kg/h, comparando la emisión total con la norma vigente obtenemos

#### EMISIÓN Vs NORMA

0.0002662 Kg/h << < 1.389 kg/h

La emisión de partículas por chimenea se encuentran muy por debajo de la norma.

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

Las chimeneas de las calderas tienen una altura de 10 y 8 m. respectivamente, la altura mínima exigida según Decreto 02 de 1982 (Artículos 40), es de 15 metros. Por lo tanto se puede decir que las Chimeneas no cumplen con la norma de altura mínima de emisión permisible.



241

marcha 12000

11

FORMATO VISITAS  
MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)  
DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI

Razón Social: <u>Productor Culima y Cia</u>		L-12a Fecha: <u>Abril 6/99</u>			
Nit: <u>890-311156-4</u>		Dirección: <u>Calle 50 # 13-41</u>			
Barrio: <u>Chapinero</u>	Comuna: <u>8</u>	Teléfono: <u>411061</u>			
Descripción del Proceso productivo					
<u>Se sacan papas fritas, chicharones, plátano, trocizos</u>					
Determinación de las fuentes de emisión					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<u>calderas (2)</u>	<u>Particulas</u>	<u>A.C.P.M.</u>	<u>10 hrs / día</u>		
<u>calderas (4)</u>		<u>Gas Natural</u>	<u>10 Hrs / día</u>		
		<u>Propano</u>			
<u>Observaciones</u> <u>Las calderas que estan trabajando con</u> <u>A.C.P.M. próximamente se les cambiara el combusti-</u> <u>ble a Gas</u>					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<u>10 m</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>15 cm</u>	<u>—</u>	<u>NO</u>
<u>8 m</u> <u>chimeneas</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>25 x 25</u>	<u>—</u>	<u>NO</u>
<u>Observaciones:</u>					

**ESTIMACION DE EMISIONES ATMOSFERICAS  
CARNES PROCESADAS FRIZZ LTDA  
MAYO DE 1999**

**CONTENIDO**

<b>1. PRESENTACION</b>	<b>2</b>
<b><u>2. CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS</u></b>	<b><u>3</u></b>
2.1 FUENTES DE EMISION	3
2.2 METODOLOGÍA APLICADA	3
2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS	4
2.4 EMISION DE CONTAMINANTES	4
<b><u>3 NORMATIVIDAD VIGENTE</u></b>	<b><u>5</u></b>
3.1 CALCULO DE LA NORMA	5
3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA	6
3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA	6

## 1. PRESENTACION

El Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente -DAGMA-, ha implementado la ejecución de operativos de verificación de contaminantes del aire en la Comuna Ocho(8) del municipio de Santiago de Cali, para lo cual contrató a la firma consultora **WATER TECHNOLOGY LTDA.**, mediante el contrato SCA-CON-166-98. En desarrollo de estos operativos se realizó el estimado de emisiones de material particulado y gases de combustión en la fuentes fija de **CARNES PROCESADAS FRIZZ LTDA** la cual utiliza como combustible A.C.P.M.

El presente trabajo tiene como objetivo general, presentar al DAGMA el informe de Estimado de emisiones atmosféricas por la caldera, la cual se considera como fuente fija potencial de contaminantes.

Entre los objetivos específicos, están los siguientes:

- ∴ Calcular las emisiones de material particulado, dióxido de Azufre ( $\text{SO}_2$ ), neblina ácida ( $\text{SO}_3$ ), óxidos de Nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), Monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), compuestos orgánicos totales (COT) y metano, para cada una de las fuentes de **CARNES PROCESADAS FRIZZ LTDA** aplicando el método de los factores de emisión de acuerdo al artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995.
- ∴ Comparar la emisión de material particulado con la norma vigente.
- ∴ Comparar la altura de las chimeneas con la altura reglamentada por la norma.

## 2. CÁLCULO DE EMISIONES ATMOSFERICAS

### 2.1 FUENTES DE EMISION

La empresa **CARNES PROCESADAS FRIZZ LTDA.** posee una (1) Caldera Distral de 30HP la cual utiliza A.C.P.M. como combustible adicionalmente posee un ducto de evacuación de Emisiones atmosféricas (partículas y gases de combustión).

La siguiente tabla muestra las características de la caldera:

No.	Tipo de fuente	Marca	Tipo de combustible	Consumo (Gal/h)	Tiempo de funcionamiento	Altura chimenea (m)	Diámetro (cm)
1	Caldera	Distral	A.C.P.M.	2.4	Periódico	18	20.0

### 2.2 METODOLOGÍA APLICADA

Como método de cálculo de emisiones se aplico el artículo 110 ítem C del Decreto 948 de 1995, de los Factores de emisión, donde se define que "es el método para estimar la emisión de contaminantes al aire en un proceso específico, sobre la base de un registro histórico acumulado de mediciones directas, balance de masas y estudios de ingeniería, reconocido internacionalmente por las autoridades ambientales"

Los factores de emisión utilizados son extraídos del libro "COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS, STATIONARY POINT AND AREA SOURCES, FIFTH EDITION, JANUARY 1995, OFFICE OF AIR QUALITY PLANNING AND STANDARDS OFFICE OF AIR AND RADIATION, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY".

## 2.3 CONTAMINANTES EMITIDOS

De acuerdo con la revisión bibliográfica, los contaminantes emitidos durante la combustión de A.C.P.M. son los siguientes :

- ⇒ Material particulado (MP).
- ⇒ Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).
- ⇒ Neblina ácida (SO<sub>3</sub>).
- ⇒ Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>).
- ⇒ Monóxido de carbono (CO).
- ⇒ Compuestos orgánicos totales (COT).
- ⇒ Metano.

## 2.4 EMISION DE CONTAMINANTES

La emisión de contaminantes para cada una de las fuentes y la emisión total estimada se presenta a continuación :

CONTAMINANTE	FACTOR E.P.A. UTILIZADO	EMISION CUANTIFICADA (Kg/h)
		Caldera
Partículas	0,24*	0,000159
SO <sub>2</sub>	18S**	0,003448
SO <sub>3</sub>	0,24S**	0,000046
Nox	2,4**	0,001585
CO	0,6**	0,000396
Compuestos orgánicos totales	0,03***	0,000020
Metano	0,006***	0,000004
CO <sub>2</sub>	0	0,000000

S: % en peso del azufre contenido en el combustible (0.29%).

\* Tabla 1.3-1 (Cont) No 2 Oil fired CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\* Tabla 1.3-1 No 4 Oil fired (1-02-005-04) CRITERIA POLLUTANT EMISSION FACTORS FOR UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

\*\*\* Tabla 1.3-3 No 4 Oil fired (1-02-005-04) EMISSION FACTORS FOR TOTAL ORGANIC COMPOUNDS (TOC), METHANE AND NONMETHANE (NMTOC) FROM UNCONTROLLED FUEL OIL COMBUSTION.

### 3 NORMATIVIDAD VIGENTE

#### 3.1 CALCULO DE LA NORMA

El Decreto 948 de 1995 sobre emisiones atmosféricas y ruido contiene las normas básicas para determinar los estándares de emisión y descarga de contaminantes a la atmósfera y los principios generales para la protección atmosférica, al igual que las directrices y competencias para la fijación de las normas de calidad del aire.

El capítulo XIII, Artículo 137, del Decreto 948 estipula: "Mientras el Ministerio del Medio Ambiente dicta las normas y estándares para fuentes fijas, en ejercicio de las competencias que dispone según la Ley 99 de 1993, continuarán transitoriamente vigentes la normas y los estándares establecidos en los Artículos 31, 32, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 79, con excepción del inciso final de su parágrafo 2, 80, 81, 84, 85, 87 y 89 del Decreto 02 de 1982".

Artículo	Fórmula	Resultado
Artículo 70-71	"Norma de Emisión para Otras Industrias"	
	Producción Horaria del producto terminado (P) en Ton/h =0.05	1.5 kg/h
	La emisión (E) en kg/h para producciones $P < 1.0$ Ton/h $E = 1.5$ kg/h	
Artículo 42	Emisión (E') = $0.9261 \times 1.78$ kg/h	1.389 kg/h
Norma de Emisión final corregida: 1.389 Kg/h		

Se debe aclarar que la normatividad nacional no contempla limite permisible para la emisión de contaminantes como : Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), Neblina ácida (SO<sub>3</sub>), Oxidos de Nitrógeno (NOx), Monóxido de carbono (CO), Compuestos orgánicos totales (COT) y Metano (Existe norma de emisión para SO<sub>2</sub> y SO<sub>3</sub> solo para plantas productoras de ácido sulfúrico, artículo 76 Decreto 02/82).

### 3.2 COMPARACION DE EMISIÓN CON LA NORMA

La Emisión estimada de material particulado por factores de emisión para la caldera es de 0.000159 kg/h, Comparando con la norma calculada obtenemos :

#### EMISIÓN Vs LA NORMA

0.000159 kg/h << < 1.389 kg/h

La emisión de material particulado por chimenea se encuentra muy por debajo de la norma.

### 3.3 COMPARACION DE LA ALTURA DE EMISION DE PARTICULAS CON LA NORMA

La chimenea de la Caldera tienen una altura de 18 m. según Decreto 02 de 1982 (Artículo 40), la altura o punto de descarga mínimo es de 15 metros. Por lo tanto se puede decir que la Chimenea cumplen con la norma de altura mínima de emisión permisible.

249

**FORMATO VISITAS**  
**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA COMUNA OCHO (8)**  
**DEL MUNICIPIO DE SANTIAGO DE CALI**

Razón Social: <i>Carnes Frias FRIZZ</i>		Fecha: <i>Abril - 99</i>			
Nit: <i>800-076-124-3</i>		Dirección: <i>Calle 40 #14-30</i>			
Barrio: <i>chapinero</i>	Comuna: <i>8</i>	Teléfono: <i>4381038</i>			
Descripción del Proceso productivo					
<i>Embotido de carne fría</i>					
Determinación de las fuentes de emisión.					
Fuente	Tipo de contaminante emitido	Tipo de combustible utilizado	Jornada de emisión		
<i>Caldera</i>	<i>Gases de Combustión material particulares</i>	<i>A. C. P. M</i>			
<i>Ahumador</i>		<i>Acacia de madera</i>			
Observaciones					
Datos sobre la chimenea					
Altura Total	Distancia A	Distancia B	Diámetro	Longitud del niple	Plataforma
<i>18 mt</i>			<i>20 cm</i>	<i>NO</i>	<i>NO</i>
Observaciones:					
<i>Sebastian yela - Ing encargado.</i>					



*ANEXO No. 2*

*MODELACIÓN ISCLT*





```

.3000E+03   +03   .3000E+03
.22500E+04   +00   .00000E+00
.15000E+04   +00   .00000E+00
.15000E+04   +00   .00000E+00
.10000E+04   +00   .00000E+00
.50000E+03   +00   .00000E+00
.50000E+03   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.00000E+00   +00   .00000E+00
.80000E+00   +01   .54000E+01
.00000E+00   +03   .22500E+03   .27000E+03   .31500E+03
.70000E-01   -01   .70000E-01
.70000E-01   -01   .70000E-01
.10000E+00   +00   .10000E+00
.15000E+00   +00   .15000E+00
.35000E+00   +00   .35000E+00
.55000E+00   +00   .55000E+00
1 0 0 0 2.420 E+1 7.000E-1 0.000E+0 0.000E+0 0 0 0

```

```
2 0 0 0 -5.800E+2 2.000E+1 1.620E+1 0.000E+0 5.744E+2 6.080
3 0 0 0 2.800E+3 7.300E+2 1.040E+1 0.000E+0 4.571E+2 4.090
4 0 0 0 -5.100E+2 3.800E+2 2.310E+1 0.000E+0 3.977E+2 3.940
5 0 0 0 -5.100E+2 3.800E+2 2.980E+1 0.000E+0 4.397E+2 9.250
6 0 0 0 3.500E+3 1.110E+3 1.000E+1 0.000E+0 5.244E+2 1.210
7 0 0 0 6.400E+2 -3.000E+1 1.000E+1 0.000E+0 1.421E+2 1.200
8 0 0 0 6.400E+2 -3.000E+1 1.000E+1 0.000E+0 5.950E+2 5.997
9 0 0 0 6.100E+2 -7.000E+2 1.260E+1 0.000E+0 4.683E+2 4.670
10 0 0 0 5.800E+2 8.000E+1 1.550E+1 0.000E+0 5.766E+2 8.980
11 0 0 0 5.800E+2 -6.800E+2 1.800E+1 0.000E+0 6.050E+2 1.000
12 0 0 0 -3.900E+2 1.200E+2 1.940E+1 0.000E+0 6.181E+2 1.035
13 0 0 0 -1.400E+2 6.000E+1 1.550E+1 0.000E+0 5.001E+2 9.833
14 0 0 0 -3.800E+2 1.600E+2 1.500E+1 0.000E+0 5.038E+2 6.520
15 0 0 0 -6.100E+2 1.500E+2 1.530E+1 0.000E+0 4.444E+2 5.660
16 0 0 0 0.000E+0 5.000E+2 2.500E+1 0.000E+0 4.687E+2 1.119
17 0 0 0 1.220E+3 -6.600E+2 1.000E+1 0.000E+0 1.274E+2 5.180
18 0 0 0 1.220E+3 -6.600E+2 1.000E+1 0.000E+0 1.275E+2 5.100
19 0 0 0 1.000E+2 5.500E+2 1.440E+1 0.000E+0 4.787E+2 8.240
1**** ISCLT ***** DISPERSION ATMOSFERICA COMUNA 8 ***** PAGE 1 ****
```

ANNUAL GROUND LEVEL CONCENTRATION ( MICROGRAMS PER METER ) FROM ALL SOURCES COMBINED

#1 NOMBRE7					ECEPTORS -				
- X AXIS (RANGE					, METERS) -				
100.000	200.000	300.000	400.000		500.000	600.000	700.000	800.000	900.000
Y AXIS (AZIMUTH BEARING, DEGREES )					- CONCE				
					NTRATION -				
315.000	15.238410	15.901400	13.196330	7.726102	2.801164	.618795	.229397	.052690	.000854
270.000	13.887190	13.501690	12.524530	10.959070	9.653617	7.760070	6.560598	5.996747	5.299272
225.000	14.264790	13.918640	12.787910	11.664200	10.608180	9.656996	8.850559	8.093801	7.425426
180.000	15.373660	13.978890	12.680910	11.496170	10.500680	9.680910	8.998827	8.425465	7.934429
135.000	16.541950	15.405380	14.055430	12.859990	11.857520	11.043240	10.368890	9.802123	9.321243
90.000	18.853420	18.937270	18.106150	17.112060	16.181600	15.339570	14.638340	14.004000	13.388920
45.000	20.625030	20.336860	19.350980	18.543060	18.091840	16.922820	15.377940	13.417290	11.558130
.000	18.134560	17.931370	17.908740	16.926580	12.218820	8.449064	5.600210	3.509420	2.151235

#1 NOMBRE7					ECEPTORS -				
- X AXIS (RANGE					, METERS) -				
1000.000	1100.000	1200.000	1300.000		1400.000	1500.000	1600.000	1700.000	1800.000
Y AXIS (AZIMUTH BEARING, DEGREES )					- CONCE				
					NTRATION -				
315.000	.000657	.000510	.000390	.000276	.000168	.000067	.000000	.000000	.000000
270.000	4.208385	3.377517	2.754940	2.285028	1.925208	1.644859	1.419709	1.236307	1.086555
225.000	6.838833	6.336684	5.896089	5.511026	5.173774	4.876928	4.615012	4.382429	4.174869
180.000	7.500965	7.118473	6.782516	6.484363	6.218498	5.980701	5.765791	5.569318	5.389142
135.000	8.940727	8.605912	8.335008	8.116418	7.928877	7.761341	7.613181	7.482389	7.368907
90.000	12.801670	12.258700	11.761300	11.309780	10.897660	10.517690	10.162780	9.832943	9.525762
45.000	10.080720	8.893847	7.926618	7.124247	6.451103	5.875981	5.383231	4.958778	4.591133
.000	1.790595	1.501606	1.271563	1.086867	.934803	.811070	.709587	.625605	.555499

#1 NOMBRE7					ECEPTORS -				
- X AXIS (RANGE					, METERS) -				
1900.000	2000.000				- CONCE				
Y AXIS (AZIMUTH BEARING, DEGREES )					NTRATION -				
315.000	.000000	.000000							
270.000	.962770	.859273							
225.000	3.988874	3.821437							
180.000	5.222804	5.067286							
135.000	7.219997	7.067084							
90.000	9.239172	8.972741							
45.000	4.270345	3.987759							
.000	.496492	.446442							

END OF ISCLT PROGRAM

19 SOURCES PROCESSED

RUN ENDED ON 02-15-00 AT 19:34:51

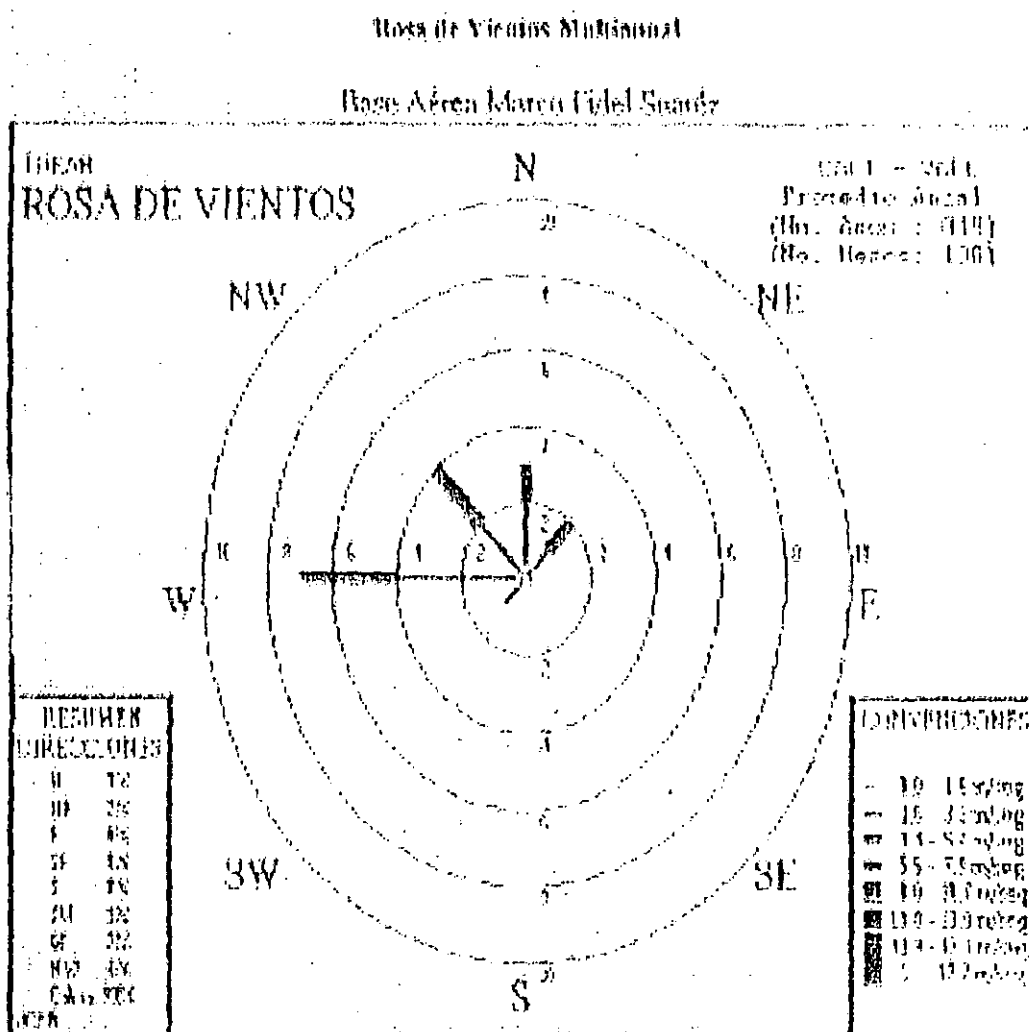


Figura No 1 ROSA DE VIENTOS BASE AEREA MARCO FIDEL SUAREZ

Asunto: Consulta

Fecha: Fri, 14 Apr 2000 16:57:18 -0500

De: Jorge Hurtado <JHurtado@legis.com.co>

A: proinsa@emcali.net.co

CC: Cali Servicio al Cliente <Calisciente@legis.com.co>

Estimado Suscriptor:

Confrontado el artículo 49 del Decreto 2 de 1982 - por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la ley 9 de 1979 y el Decreto 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas- con el texto publicado en el Diario Oficial No. 35944 del viernes 12 de febrero de 1982. Se determina que el exponente es P 0.348 y no: P-0.348.

El exponente contenido del artículo incorporado en nuestra obra, responde en su totalidad al del texto del Decreto publicado en el Diario Oficial.

Cordialmente,

JORGE IVAN HURTADO MORA

Abogado - Redactor del Régimen Legal del Medio Ambiente.

Asunto: Aclaracion articulo 49 del decreto 02/82

Fecha: Mon, 17 Apr 2000 09:19:26 -0500

De: Proinsa <proinsa@cmcali.net.co>

A: Cali Servicio al Cliente <Caliscliente@legis.com.co>

Cordial Saludo,

Agradeciendo su respuesta a nuestra consulta donde se ratifica un valor de calculo de norma y entrando al analisis tecnico de la norma le exponemos lo siguiente.

El documento Legis "Regimen Legal del medio ambiente" en su pagina 350 articulo 49 del Decreto 02 de 1982 item b en su formulacion  $E=4.46 \times (P)$  elevado a la positivo 0.348 se encuentra errado y le explicaremos porque.

Resulta que la emision posee un intervalo para zona urbana entre 2 y 0.35 kilos por millon de kilocalorias.

Para un calor liberado entre 10 y menor que 1500 millones de kilocalorias por hora es de esperarse que se encuentre un valor entre 2 y 0.35 kg/millon de kcal y no un valor superior como ocurre en la aplicacion del exponente positivo.

Consideramos que como en el item a del articulo 49 zona rural, su exponente es negativo y se encuentra bien calculado, la ecuacion del item b debe corregirse en documento Legis.

Adjuntamos material de consulta; copia de documento de la Secretaria de Salud de Cali del decreto 02 de 1982 año 1991 (copia escaneada) y documento en word del Decreto 02 de 1982 de ministerio de medio ambiente solicitado por internet.

Es importante ejecutar la correccion porque un caso omiso genera un conflicto juridico ambiental entre las partes en consulta, que para el caso particular son la Autoridad Ambiental, La consultoria y la empresa Privada.

Igualmente en el caso de encontrarnos errados solicitamos un documento de ministerio de medio ambiente para poder justificar ante la empresa privada la ecuacion encontrada en el material de consulta Legis.

Agradeciendo su atencion.

Ever Alonso Rios S.  
Ingeniero de Proyectos.

REPUBLICA DE COLOMBIA

MINISTERIO DE SALUD

DECRETO No. 0002 DEL 11 DE ENERO DE 1982.

Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley



Máxima emisión permisible de partículas (kilos/millón de kilocalorías)	Millones de kilocalorías por hora
a) Zona rural: E = 3.0 E = 6.22 P <sup>0.27</sup> E = 0.6	P ≤ 10 10 < P < 1500 P ≥ 1500
b) Zona urbana: E = 2.0 E = 4.46 P <sup>0.27</sup> E = 0.55	P ≤ 10 10 < P < 1500 P ≥ 1500

PAR.—Para los efectos de las ecuaciones a que se refiere el presente artículo, adoptanse las siguientes convenciones:

E = Máxima emisión permisible de partículas, expresada en kilos por millón de kilocalorías consumidas por hora.

P = Calor liberado por el combustible utilizado, en millones de kilocalorías por hora.

#### FACTORES DE CORRECCIÓN

ART. 51.—Los factores de corrección de las normas de emisión para calderas, con puntos de descarga cuya altura sea diferente a la altura de referencia, son los siguientes:

Consumo de calor en millones de kilocalorías por hora	Reducción o adición en kilos/10 <sup>6</sup> kilocalorías por cada metro de aumento o de disminución de la altura de descarga con respecto a la altura de referencia (ΔE)	Altura mínima del punto de descarga (metros)	
	Zona urbana	Zona rural	
- 10 o menos	0.050	0.075	15
25	0.040	0.065	20
50	0.030	0.060	25
75	0.020	0.042	30
100	0.015	0.032	35
200	0.010	0.022	40
300	0.008	0.012	45
400	0.005	0.008	50
500	0.004	0.009	55
750	0.003	0.007	60
1000	0.0025	0.006	65
2000 o más			70

PAR.—Para valores de consumo de calor no indicados en el presente artículo, el factor de corrección se determinará mediante la interpolación lineal de los valores E señalados.

#### DESCARGA PERMISIBLE

[§ 1914] D. 2/82.

ART. 52.—Para calcular la descarga permisible de partículas emitidas por calderas, corregidas por el factor DE, se aplicará la siguiente ecuación:

$$E' = E \pm (Dh \times DE)$$

PAR.—Para los efectos de la ecuación a que se refiere el presente artículo, adoptanse las siguientes convenciones:

E' = Emisión permisible corregida para una caldera con punto de descarga de altura h, diferente a la altura de referencia.

E = Emisión permisible dada en el artículo 49 de este decreto, modificada por altura sobre el nivel del mar, si es del caso.

Dh = Diferencia en metros, entre la altura de referencia y la altura de descarga.

DE = Factor de corrección, dado en el artículo 51 de este decreto.

§ 1912

RÉGIMEN LEGAL DEL MEDIO AMBIENTE — ENVÍO N° 8, OCTUBRE DE 1990

#### FABRICAS DE CEMENTO

[§ 1916] D. 2/82.

ART. 54.—Los hornos de clínker de las fábricas de cemento no podrán emitir al aire ambiente partículas en cantidades superiores a las señaladas en la figura número 2 (véase anexo 2 de este decreto) y en las siguientes normas de emisión:

### 5.3.1 Partículas

Las partículas son consideradas como materia sólida y líquida, dispersa y arrastrada por el aire, con diámetros desde 0.0002 micras (mayores que las moléculas individuales), pero menores de 500 micras. El tiempo de permanencia en el aire ambiente depende de su tamaño y una vez que son introducidas en la atmósfera, influyen en la formación de nubes, lluvia y nieve dado que sirven como núcleos de condensación.

La principal fuente generadora de partículas es la quema de combustibles fósiles y muchos otros procesos industriales que producen gran cantidad de partículas, pero no todas provienen de ellos; las actividades realizadas por el hombre y los materiales orgánicos como las esporas, el polen, los mohos, etc., son también frecuentemente productores de partículas.

Tabla 2. Comportamiento de las Partículas en el Aire Ambiente Respecto a su Tamaño

RANGO DE TAMAÑO (MICRAS)	CARACTERÍSTICAS
0.0002 - 500	• Vida media en suspensión, que varía desde unos segundos hasta varios meses.
Menores a 0.1	• Experimentan movimientos Brownianos aleatorios, resultantes de la colisión con las moléculas individuales.
0.1 - 1.0	• Tienen velocidades de asentamiento en el aire estático, aunque finitas, son pequeñas comparadas con la velocidad del viento.
Mayores a 1	• Tienen velocidades de asentamiento significativas, pero pequeñas.
Mayores de 20	• Tienen grandes velocidades de asentamiento y se eliminan del aire por gravedad o por otros procesos de inercia.

Fuente: Sánchez y Uribe (1992)

Las partículas solas o en combinación con otros contaminantes representan un grave riesgo para la salud, ya que penetran directamente por las vías respiratorias y el efecto depende del grado de penetración, que es función de la granulometría como de la toxicidad o composición química de éstas. Los daños se presentan directamente cuando partículas con diámetros entre 0.01 y 0.1 micras penetran a las cavidades pulmonares ya que se considera que aproximadamente el 50% de partículas con éstos diámetros tienen la posibilidad de hacerlo.

Las partículas pueden producir efectos tóxicos, que llegan a manifestarse de la siguiente manera:

- Partículas que pueden transportar adsorber o absorber moléculas irritantes o gases
- Partículas que pueden ser tóxicas debido a sus características químicas y/o físicas
- Partículas que pueden actuar como un conductor a una sustancia tóxica absorbida.

*Tabla 3. Efectos de las Partículas sobre la Salud*

CONCENTRACION ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TIEMPO DE MEDICIÓN	EFECTOS
60 - 180	<ul style="list-style-type: none"> <li>• media geométrica anual, con <math>\text{SO}_2</math> y humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceleración en la corrosión de las láminas de acero y zinc.</li> </ul>
75	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media anual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma de calidad del aire ambiente.</li> </ul>
150	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Humedad relativa menor del 70%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visibilidad reducida a 5 millas.</li> </ul>
100 - 150		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luz solar directa reducida en un tercio.</li> </ul>
80 - 100	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con niveles de sulfatación de <math>30 \text{ mg}/\text{cm}^2/\text{mes}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ocurrir un aumento en la tasa de mortalidad de personas mayores de 50 años.</li> </ul>
100 - 130	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con <math>\text{SO}_2 &gt; 120 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es posible que los niños experimenten un aumento en la incidencia de las enfermedades respiratorias.</li> </ul>
200	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promedio 24 horas y <math>\text{SO}_2 &gt; 250 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La morbilidad de los obreros industriales puede ser causa en el aumento del ausentismo.</li> </ul>
260	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máximo una vez cada 24 h</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Norma de la calidad del aire ambiente.</li> </ul>
300	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máximo 24 h y <math>\text{SO}_2 &gt; 630 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los pacientes con bronquitis crónica, puede que se presente empeoramiento agudo de los síntomas.</li> </ul>
750	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promedio de 24 h y <math>\text{SO}_2 &gt; 715 \mu\text{g}/\text{m}^3</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ocurrir un número excesivo de muertes y un considerable aumento en las enfermedades.</li> </ul>

Fuente: National Air Pollution Control Administration (1969)